



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

USO DE EXCEDENTES ALIMENTARIOS EN MERCADOS MUNICIPALES DE BARCELONA PARA ALIMENTACIÓN PORCINA

Trabajo final de grado
Ingeniería Alimentaria

Autor: Oscar Pastor García

Tutoras: Raquel Díaz Ruiz

y Berta Vidal Monés

10 / Enero / 2020

Agradecimientos

El Trabajo final de grado se ha hecho en colaboración con el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y la beca concedida del departamento de investigación en prevención de residuos.

Agradecer la colaboración del Institut Municipal de Mercats de Barcelona (IMMB), en concreto de Genís Arnàs Pérez (Cap de Servei de Mercats del IMMB), del Àrea 2 de Mercats y de las directoras y directores de los mercados municipales de la Boqueria, Sant Antoni, Ninot, Estrella y Lesseps.

Resum

El treball aplica una metodologia japonesa sobre l'ús d'excedents alimentaris per alimentació animal als mercats municipals de Barcelona. S'han quantificat les fruites i verdures que es llencen del mercat de Sant Antoni durant quatre dies (dimecres, dijous, divendres i dissabte), sumant un total de 439,8 kg malbaratats. Una posterior extrapolació, per calcular la quantitat de fruites i verdures malbaratades a tots els mercats de Barcelona suma 13,54 tones setmanals d'excedents, dels quals 13,24 tones podrien ser destinats a l'elaboració d'un ingredient farinós per alimentació porcina. A més a més s'ha implementat un sistema de gestió i transport dels excedents de fruites i verdures. Per tant, tenint en compte que el procés d'elaboració de la farina té un rendiment del 13,6%, s'estima que en una setmana es podrien elaborar un total d'1,6 tones de farina de fruites i verdures. Es conclou, que els excedents de fruites i verdures als mercats són suficientment elevats per implementar aquest sistema de valorització.

Paraules clau: fruites i verdures, excedents de fruites i verdures, malbaratament alimentari, prevenció, valorització, alimentació animal, mercats municipals, APPCC.

Resumen

El trabajo aplica una metodología japonesa sobre el uso de excedentes alimentarios para alimentación animal en los mercados municipales de Barcelona. Se han cuantificado las frutas y verduras que se han tirado en el mercado de Sant Antoni durante cuatro días (miércoles, jueves, viernes y sábado), sumando un total de 439,8 kg desperdiciados. La extrapolación a todos los mercados de Barcelona suma 13,54 toneladas semanales de excedentes de frutas y verduras, de los cuales 13,24 toneladas podrían ser destinados a elaborar un ingrediente harinoso para alimentación porcina. Teniendo en cuenta que el proceso de elaboración de la harina tiene un rendimiento del 13,6%, en una semana se podrían producir un total de 1,6 toneladas de harina de frutas y verduras. Con estos resultados, se concluye que los excedentes de frutas y verduras en los mercados son suficientemente elevados para implementar este sistema de valorización.

Palabras clave: frutas y verduras, excedentes de frutas y verduras, desperdicio alimentario, prevención, valorización, alimentación animal, mercados municipales, APPCC.

Abstract

This project applies the Japanese methodology on the use of food surpluses for animal feed in the municipal markets of Barcelona. The weight of fruits and vegetables wasted in Sant Antoni market have been quantified for four days (Wednesday, Thursday, Friday and Saturday). A total of 439.8 kg of fruit and vegetables waste were quantified. Extrapolating to all markets in Barcelona, it sums up to 13.54 tons per week of fruits and vegetables waste, of which 13.24 tons could be intended to produce a flour ingredient for pig feed. Furthermore, a management and transport system has been implemented for the food and vegetable waste. Considering that the flour making process has a yield of 13.6%, a total of 1.6 tons of flour could be produced within a week. As a conclusion, the municipal markets in Barcelona produce enough fruit and vegetable waste to implement this valorization system.

Key words: fruits and vegetables, fruit and vegetables surplus, food waste, prevention, valorization, animal feed, municipal markets, HACCP.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
1. Introducción	10
2. Objetivos	11
3. Estado del arte	12
3.1. Economía lineal	12
3.2. Pérdida y desperdicio alimentario	12
3.3. Economía circular	15
Producción y consumo	15
Residuos y subproductos generados.....	16
3.4. Alimentación animal a partir de excedentes alimentarios	17
Alimentación porcina	18
Ejemplo de elaboración de pienso con excedentes alimentarios.....	19
3.5. Marco legislativo	20
Marco legislativo japonés.....	20
Marco legislativo europeo	22
3.6. Composición de frutas y verduras.....	23
3.7. Sistema APPCC	25
4. Metodología	27
Etapa 1: Funcionamiento de los mercados	27
Etapa 2: Cuantificación y clasificación del desperdicio alimentario	28
Etapa 3: Extrapolación a todos los mercados de Barcelona	30
Etapa 4: Gestión y transporte de excedentes alimentarios	30
Etapa 5: Elaboración de alimentación animal.....	30
Etapa 6: Estudio de la viabilidad	31
Etapa 7: Sistema de análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC).....	31
Etapa 8: Barreras administrativas, legales y logísticas.....	32
5. Resultados	33
5.1. Funcionamiento de los mercados	33
5.2. Cuantificación y caracterización de los excedentes.....	36
5.3. Extrapolación a todos los mercados de Barcelona	40
5.4. Gestión y transporte de los excedentes alimentarios.....	45
5.5. Elaboración de alimentación porcina con excedentes alimentarios	49
5.6. Viabilidad del proyecto	54

5.7. Principios del APPCC.....	56
5.8. Barreras administrativas, legales y logísticas.....	62
6. Limitaciones de la cuantificación y extrapolación.....	63
7. Conclusiones.....	64
8. Bibliografía	66
Anejo 1: Hoja de registro utilizada en la cuantificación en el mercado de Sant Antoni	69
Anejo 2: Árbol de decisiones para APPCC	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido máximo de elementos no deseables en alimentos con humedad del 12%. Fuente (UE, 2006).....	24
Tabla 2. Límites de dioxinas y furanos en frutas, hortalizas y cereales. Fuente (UE, 2013)	25
Tabla 3. Límites microbiológicos de las frutas y verduras. Fuente: (UE, 2005).	25
Tabla 4. Reuniones y visitas con los encargados de diferentes mercados municipales de Barcelona.....	28
Tabla 5. Tabla base para analizar y listar los peligros.	31
Tabla 6. Tabla base para determinar los puntos críticos de control.....	32
Tabla 7. Tabla base para establecer límites críticos y el sistema de vigilancia.	32
Tabla 8. Tabla base para establecer acciones correctivas.	32
Tabla 9. Clasificación de los mercados municipales.....	35
Tabla 10. Resumen de la cuantificación en el Mercado de Sant Antoni.....	36
Tabla 11. Cantidades de excedentes de frutas y verduras en el mercado de Sant Antoni por día, estado y tipo de los excedentes	36
Tabla 12. Estimación de los kg de frutas y verduras desperdiciadas semanalmente en el mercado de Sant Antoni.....	40
Tabla 13. Estimación de los kg semanales de excedentes de frutas y verduras generados por comercio en el mercado de Sant Antoni.....	41
Tabla 14. Estimación de los kg anuales de excedentes de frutas y verduras generados por comercio en el mercado de Sant Antoni.....	41
Tabla 15. Resumen de la estimación de cantidades de excedentes de frutas y verduras generadas anualmente en el mercado de Sant Antoni.....	42
Tabla 16. Estimación de las cantidades (en toneladas) de excedentes de frutas y verduras semanales y anuales en todos los mercados municipales de Barcelona.	44
Tabla 17. Sistema de recogida por tramo, mercados, distancia y tiempo de transporte.....	47
Tabla 18. Ahorro de materias primas convencionales que comporta el uso de harina de excedentes de frutas y verduras.	55
Tabla 19. Listado de peligros en las etapas del proceso de elaboración y las medidas preventivas.....	56
Tabla 20. Puntos críticos de control del proceso de elaboración.	58

Tabla 21. Límites críticos y sistemas de vigilancia de los puntos críticos de control.....	59
Tabla 22. Acciones correctivas de los peligros.....	61
Tabla 23. Barreras administrativas, legales y logísticas del proyecto.....	62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. División del desperdicio alimentario de la EU-28 en 2012 por sector. Fuente: FUSIONS. 2016. Estimates of European food waste levels.	14
Ilustración 2. Pirámide Jerárquica de Gestión del Desperdicio Alimentario. Fuente: (Salemdeeb et al., 2017)	18
Ilustración 3. Flujo de reciclaje del desperdicio alimentario en el Japan Food Ecology Center. Fuente: (Japan Food Ecology Center).....	20
Ilustración 4. Figura A (arriba) proporción de verduras cuantificadas según el estado y Figura B (abajo) proporción de frutas cuantificadas según el estado.....	38
Ilustración 5. Imagen de los excedentes de verduras cuantificados en el mercado de Sant Antoni.....	38
Ilustración 6. Imagen de los excedentes de frutas cuantificados en el mercado de Sant Antoni	38
Ilustración 7. Imagen de los excedentes cuantificados en el mercado de Sant Antoni.....	39
Ilustración 8. Volúmenes de Excedentes de Frutas y Verduras (EFV) en todos los mercados municipales de Barcelona. Fuente: Elaboración propia.....	45
Ilustración 9. Diagrama de flujo de harina a partir de Excedentes de Frutas y Verduras (EFV). Fuente: Elaboración propia.....	53

1. Introducción

Actualmente, a nivel global, un tercio de los alimentos producidos se pierden o se desperdician, lo que representa 1,3 millones de toneladas anuales, de los cuales el 50% corresponden a frutas y verduras (FAO, 2018). En la Unión Europea, cada año se desperdician 88 millones de toneladas de alimentos, 58% en los hogares, 19% en el procesado de alimentos, 12% en restauración, 11% en la producción y el 5% en la distribución (Stenmarck, Jensen, Quested, & Moates, 2016). En Cataluña, los alimentos desperdiciados en los hogares, el sector de la distribución, restauración y catering alcanzan las 262.000 toneladas (ARC & UAB, 2011). El desperdicio de alimentos al final de la cadena alimentaria representa una pérdida de dinero invertido para la producción de alimentos que acaban desechados (Stenmarck et al., 2016).

La reducción del desperdicio alimentario es uno de los objetivos principales a tratar en el Paquete de Economía Circular establecido por la Comisión Europea (Comisión Europea, 2015). No obstante, además de reducir el desperdicio alimentario, es clave encaminar la producción alimentaria hacia un sistema más sostenible, ya que se estima un incremento del 60% en productos cárnicos y lácticos para el 2050 (Alexandratos & Bruinsma, 2012). El consumo de carne en Cataluña se ha mantenido constante durante los últimos 10 años, siendo la carne de cerdo la segunda más consumida, con un total 10,5 kg por habitante al año (Rezero, 2019). La constante demanda de carne de cerdo, las altas necesidades de tierra arable para la elaboración de pienso y el elevado impacto medioambiental que genera la producción porcina, hace necesario un cambio en los sistemas de elaboración de piensos para la alimentación porcina.

Aunque en Cataluña existe un sistema de gestión circular de los residuos orgánicos, ya sea con compostaje o digestión anaerobia (PRECAT20), la valorización de los alimentos desperdiciados para la elaboración de alimentos para alimentación animal no es un sistema ampliamente utilizado. Existen algunas iniciativas que transforman excedentes alimentarios industriales cereales en piensos (PROMIC), pero no se conoce ninguna experiencia en transformación de excedentes vegetales y de frutas de las etapas de distribución en Europa. No obstante, es un modelo utilizado en otras partes del mundo como en Japón o Estados Unidos. La experiencia japonesa se conoce con el nombre de *EcoFeed* (Sugiura, Yamatani, Watahara, & Onodera, 2009), y la normativa también permite, con un tratamiento térmico, el uso de proteínas de origen animal y de excedentes en hogares y sectores de catering para alimentación animal (Refresh, 2018). No obstante, la normativa europea no permite la valorización de este tipo de alimentos debido a la crisis de la enfermedad del “Foot to mouth”, causada por la alimentación de ganado a partir de excedentes alimentarios (CE, 2009). Sin embargo, actualmente se está debatiendo la

posibilidad de elaborar piensos a partir de frutas y verduras que iban a ser desperdiciadas (Luyckx, 2019). Hay un vacío en la literatura sobre la viabilidad de estos modelos que cumplirían con los objetivos de economía circular y reducirían el desperdicio alimentario.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el potencial y la viabilidad de implantar un sistema de valorización de residuos alimentarios de origen vegetal de los circuitos de recogida municipal, en concreto, los mercados municipales de Barcelona, con la finalidad de elaborar pienso para la alimentación porcina de cebo.

Con este proyecto se promueve un reciclaje de flujo circular, reduciendo el impacto ambiental, con dos finalidades principales:

- La gestión responsable de los residuos alimentarios que pretende valorizar los residuos generados y, además, reducir el desperdicio alimentario en los mercados municipales de Barcelona.
- Estudiar y analizar la viabilidad de la creación de industria transformadora de residuos alimentarios en pienso destinado a la alimentación porcina en Cataluña, con la que se obtenga un pienso ecológico que presente la seguridad alimentaria necesaria para los animales y, que pueda presentar valores nutritivos similares a los del pienso tradicional.

3. Estado del arte

3.1. Economía lineal

Desde el inicio de la humanidad se ha realizado un aprovechamiento a pequeña escala de los recursos naturales para satisfacer las necesidades primordiales, ya fuese a través de la caza, agricultura, recolección o mediante el uso de pequeños comercios. A medida que han pasado los años, el modelo económico ha ido avanzando poco a poco, hasta la segunda mitad del siglo XVIII, donde tuvo lugar la Revolución Industrial (Cerantola & Ortiz, 2018).

Dicho hecho supuso un cambio drástico en las formas de producción y consumo, impulsando una rápida transformación de los sistemas de producción de las materias primas y, en consecuencia, una mayor generación de residuos (Cerantola & Ortiz, 2018). Este sistema productivo y de consumo basado en la extracción, transformación, consumo y desecho es lo que se conoce como economía lineal.

La economía lineal, pese a haber sido el modelo económico utilizado hasta el día de hoy, ha sido el principal causante de diferentes factores negativos a nivel social, empresarial y medioambiental (Cerantola & Ortiz, 2018).

Las actividades realizadas en el sector agroalimentario son un claro ejemplo de un sistema de economía lineal, ya que durante todas las etapas de la cadena alimentaria se generan diferentes subproductos que finalmente acaban tratados como residuos y normalmente no son utilizados para una revalorización. Un claro ejemplo de este concepto son las industrias alimentarias que destinan los subproductos generados a vertederos o, en el mejor de los casos, se realiza una valorización energética.

3.2. Pérdida y desperdicio alimentario

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), actualmente, un tercio de los alimentos producidos en el mundo se pierden o se desperdician, esta cantidad representa aproximadamente 1,3 millones de toneladas anuales (FAO, 2018).

La pérdida de alimentos se refiere a la reducción de la cantidad de alimentos comestibles durante la cadena de suministro, específicamente en aquellos productos destinados para el consumo humano (FAO, 2018). Esta pérdida de alimentos se puede encontrar durante la post cosecha, en las etapas de producción y procesamiento de la cadena de suministro de alimentos y hasta en el consumo final en el hogar. Según la FAO, *“la pérdida de alimentos es la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los*

proveedores en la cadena alimentaria, excluyendo a los minoristas, proveedores de servicios de alimentos y consumidores, en cambio, el desperdicio de alimentos se refiere a la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores” (FAO, 2018).

La pérdida y el desperdicio de alimentos repercute en un mal uso de la tierra, el agua, el medio ambiente, la energía y los inputs utilizados para completar la cadena de producción de los alimentos. Los alimentos que se producen y, posteriormente, no se consumen conllevan una emisión innecesaria de CO₂ y, además, una pérdida de capital para las empresas alimentarias (Stenmarck et al., 2016). La FAO estima que la pérdida y desperdicio alimentario representa anualmente el 8% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (FAO, 2018). Además la huella de carbono generada por toda la comida producida pero que acaba sin ser consumida alcanza niveles de 3,3 Gtoneladas de CO₂ equivalente (FAO, 2018). El desperdicio de alimentos es uno de los mayores emisores gases de efecto invernadero y es un aspecto sobre el que se debe actuar. A nivel económico, el desperdicio de comida representa una alta pérdida de costos de gestión y de inversión económica para la producción de alimentos que finalmente no se consumirán (Stenmarck et al., 2016).

Según un estudio realizado por FUSIONS en 2012, en la Unión Europea se desperdician anualmente alrededor de 88 millones de toneladas de alimentos. Estas cantidades de desperdicio alimentario provocan un coste económico de aproximadamente 143 billones de euros (Stenmarck et al., 2016). En la Ilustración 1, se observa la distribución del desperdicio alimentario en los diferentes sectores de los países de la EU-28. Los sectores del hogar y las etapas de procesado son los que más toneladas de alimentos desperdician, los porcentajes de desperdicio son del 53% y 19%, respectivamente. Del 28% restante, el 12% proviene de los servicios de alimentación, el 11% de la producción primaria y, por último, con un 5% el comercio al por mayor, al minorista y mercados.

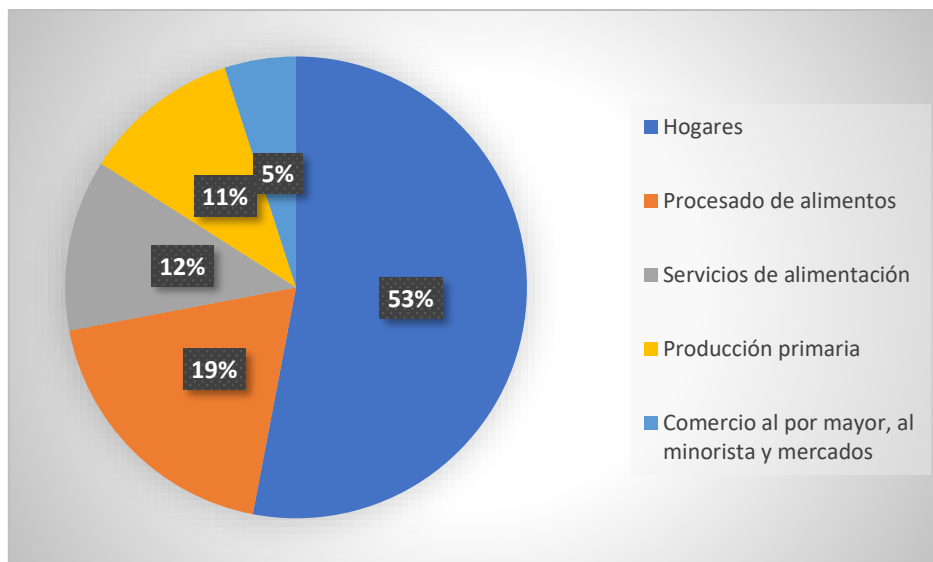


Ilustración 1. División del desperdicio alimentario de la EU-28 en 2012 por sector. Fuente: FUSIONS. 2016. Estimates of European food waste levels.

En el contexto de Cataluña, un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Barcelona y la Agencia de Residuos de Cataluña, cuantificó los alimentos desperdiciados durante el año 2011 en Cataluña en los hogares, en los sectores de distribución, la restauración y el catering. Las cantidades evaluadas en estos sectores llegaron a sumar las 262.000 toneladas anuales de desperdicio alimentario, que representan alrededor de 35 kg de alimentos anuales por habitante. Con estas cifras, se estimó que se podría alimentar a más de 500.000 personas durante un año (ARC & UAB, 2011). Cada sector alimentario genera las siguientes proporciones de desperdicio alimentario: el 58% en los hogares, el 16% en los supermercados, el 12% en la restauración, el 8% en el comercio alimentario y el 6% restante se había generado en los otros sectores (mercados, instituciones) (ARC & UAB, 2011).

En el contexto de sector de mercados en el área metropolitana de Barcelona, las principales causas que provocan el desperdicio alimentario se deben a la gestión de stock por parte de los comerciantes, ya que la competencia entre vendedores por mantener el lineal lleno de comida variada para el consumidor provoca que gran parte de estos alimentos frescos, pero de corta vida útil, acaben desechados. Además, la falta de planificación de la demanda por parte de los consumidores puede provocar el incremento del desperdicio alimentario en este sector (Díaz Ruiz & López Gelats, 2017).

Aunque el volumen de desperdicio alimentario generado en los mercados se estima menor al generado en los hogares, éste presenta unas características satisfactorias para la mejora del sector y la posible revalorización de los residuos alimentarios generados.

3.3. Economía circular

El sistema de economía circular, o flujo circular, consiste en eliminar el concepto de residuo y aprovechar cualquier subproducto y utilizarlo como nutriente para la industria o la sociedad sin la necesidad de usar materias primas ni energías de más (Cerantola & Ortiz, 2018). La transición hacia una economía más circular ahorraría energía y contribuiría a evitar los daños irreversibles causados al medio ambiente, a la contaminación del aire, el suelo y el agua, causados por el aprovechamiento que supera la capacidad de la Tierra para renovarlos (Comision Europea, 2015). De esta manera, los países más consumidores de materias primas reducirán su impacto ambiental y, al mismo tiempo, permitirán a los países con menos recursos a acceder a una parte equitativa de los limitados recursos naturales del planeta (Comision Europea, 2015).

La economía circular en el sector agroalimentario supone un reto de gran importancia en el que se pretende reducir el uso de recursos limitados y evitar los efectos negativos sobre el medioambiente. Además, es necesario satisfacer la demanda de los consumidores, mientras se asegura la seguridad y la calidad alimentaria de los productos obtenidos (Cerantola & Ortiz, 2018). Para que se cumplan todos los requisitos nombrados es necesario trabajar en los siguientes aspectos la producción y consumo, y en los residuos y subproductos generados.

Producción y consumo

La FAO estima que la población mundial incrementará considerablemente hasta el año 2050, esto causará una alta demanda de comida (Alexandratos & Bruinsma, 2012). Para satisfacer esta creciente demanda deberán realizarse diferentes cambios a lo largo de la cadena de suministro de alimentos. Una de las principales situaciones a mejorar es la reducción de pérdida y el desperdicio alimentario para garantizar la seguridad alimentaria para un incremento de población de tres mil millones de personas en 2050 (Comision Europea, 2015). Es por esa razón que en este ámbito el sector agroalimentario deberá mejorar en:

- Concienciar a los consumidores de la huella ambiental generada por los productos alimentarios que se adquieren; para así llevar el consumo de alimentos hacia una dieta más sostenible y beneficiosa para el medio ambiente.
- Impulsar las buenas prácticas medioambientales a lo largo de toda la cadena alimentaria; para así fomentar la concienciación de los empresarios, trabajadores y consumidores.
- Aprovechar, en toda la cadena alimentaria, los volúmenes generados de desperdicio alimentario; para así darle un valor añadido y una segunda vida a lo que sería tratado como un residuo orgánico.

Residuos y subproductos generados

Las actividades realizadas en la industria agroalimentaria, ya sea en las etapas de producción, distribución y consumo, tienen como resultado la generación de residuos. Como se ha comentado anteriormente, la economía circular pretende eliminar el concepto de residuo y transformarlo en un subproducto que se pueda gestionar con la finalidad de utilizarlo como materia primera para el mismo sector agroalimentario o para otro sector distinto.

Actualmente, en Cataluña se están llevando a cabo diversos sistemas de gestión y tratamiento de residuos orgánicos, dentro de los cuales se encuentran residuos alimentarios, que se caracterizan por seguir un flujo de economía circular. Estos tratamientos, como la digestión anaerobia o el compostaje, tienen asociados un conjunto de impactos ambientales relacionados con su recogida, transporte y, sobre todo, en el tratamiento. En relación con los impactos derivados del tratamiento y la disposición final de los residuos, estos representan alrededor del 6-7% del total de las emisiones de los gases con efectos invernaderos (GHG) en Cataluña (Rezero, 2019). Según un estudio realizado por Rezero, la circularidad de la economía catalana se encuentra lejos de llegar a los valores deseados, por esta razón, es necesaria la aplicación de un nuevo sistema de valorización y por lo consecuente, un incremento del flujo circular de la economía en Cataluña.

En el marco de la valorización del desperdicio alimentario, este trabajo final de grado se va a centrar en la gestión y valorización de los alimentos desperdiciados en los mercados municipales de Barcelona. En este sector, actualmente, no se ha realizado ningún estudio que cuantifique y haga visible el desperdicio alimentario generado en los mercados municipales. Además, al ser un sector destinado a la venta directa de productos de primera gama¹, la vida útil de estos es muy reducida en comparación a alimentos de otros sectores que disponen de productos de cuarta o quinta gama² y, por esta razón, se genera un flujo constante de excedentes alimentarios.

¹**Alimentos de 1ª gama:** productos frescos muy perecederos que en la mayoría de los casos necesitan refrigeración para conservar la frescura. Fuente: (Bonilla Ocampo, 2016)

²**Alimentos de 4ª o 5ª gama:** hortalizas y frutas frescas preparadas mediante diferentes operaciones como la selección, pelado, cortado, lavado y envasado. Se mantienen bajo la cadena de frío durante la distribución y comercialización, para así alargar la vida útil de estos productos. Fuente: (Bonilla Ocampo, 2016)

3.4. Alimentación animal a partir de excedentes alimentarios

A nivel global, el sector de la producción ganadera ocupa alrededor del 75% de las tierras agrícolas, y, es el responsable del 15% de las emisiones de gases con efecto invernadero (GHG) (zu Ermgassen, Phalan, Green, & Balmford, 2016). Actualmente, los piensos destinados a alimentación animal están elaborados principalmente a base de soja y, aunque el cultivo de soja en diferentes países de la Unión Europea (UE) haya incrementado, la autosuficiencia en soja de la UE es solamente del 5% (Luyckx, Bowman, Woroneicka, Taillard, & Broeze, 2019). La importación anual de soja por parte de la UE llega hasta los 13 millones de toneladas provenientes de Sud América. La expansión de cultivos de soja en estos países para alcanzar la demanda de materias primas para la elaboración de piensos representa un peligro para la biodiversidad y, la deforestación es una gran fuente de emisiones de carbono (zu Ermgassen et al., 2016).

En Cataluña, el consumo de carne se ha mantenido constante durante los últimos 10 años, el año 2017 el consumo de carne por habitante ha sido de aproximadamente 41,4 kg. La carne de cerdo es la segunda más consumida de manera anual alcanzando los valores de 10,5 kg por habitante (Rezero, 2019). No obstante, estos elevados valores de consumo de carne de cerdo presentan un inconveniente para el medio ambiente, ya que la producción de carne de cerdo es la segunda mayor contribuyente de las emisiones de los GHG (Noya et al., 2016). Como consecuencia, la constante demanda de carne de cerdo, las grandes dimensiones requeridas de tierra para las materias primeras destinadas al pienso y el elevado impacto medioambiental que genera la producción porcina, hace necesario un cambio en los sistemas de elaboración de piensos para la alimentación de cerdos.

La elaboración de pienso para alimentación animal a partir de excedentes alimentarios³, es una estrategia de aprovechamiento de los alimentos y de sus propiedades nutricionales, además de ser una valorización más sostenible y preferible en comparación con los efectos medioambientales de las tecnologías actuales de gestión de residuos, incluyendo la digestión anaerobia o el compostaje, tal y como se puede observar en la Pirámide Jerárquica de Gestión del Desperdicio Alimentario (Salemdeeb, zu Ermgassen, Kim, Balmford, & Al-Tabbaa, 2017). El reciclaje de excedentes alimentarios para la elaboración de alimentación animal permite obtener un doble beneficio: a) no es necesario el uso adicional de tierras para las materias

³ Excedente alimentario: alimento que, manteniendo los requisitos legales de higiene y seguridad, permanece sin vender por causas como la carencia de demanda o su idoneidad para la comercialización. (Real Academia Española, 2001)

primeras destinadas a la elaboración de pienso y b) un impacto positivo hacia el medioambiente, ya que si estos alimentos no fuesen destinados a alimentación animal serían gestionados como residuos y contribuirían a la emisión de gases de efecto invernadero (Cnockaert, 2016).

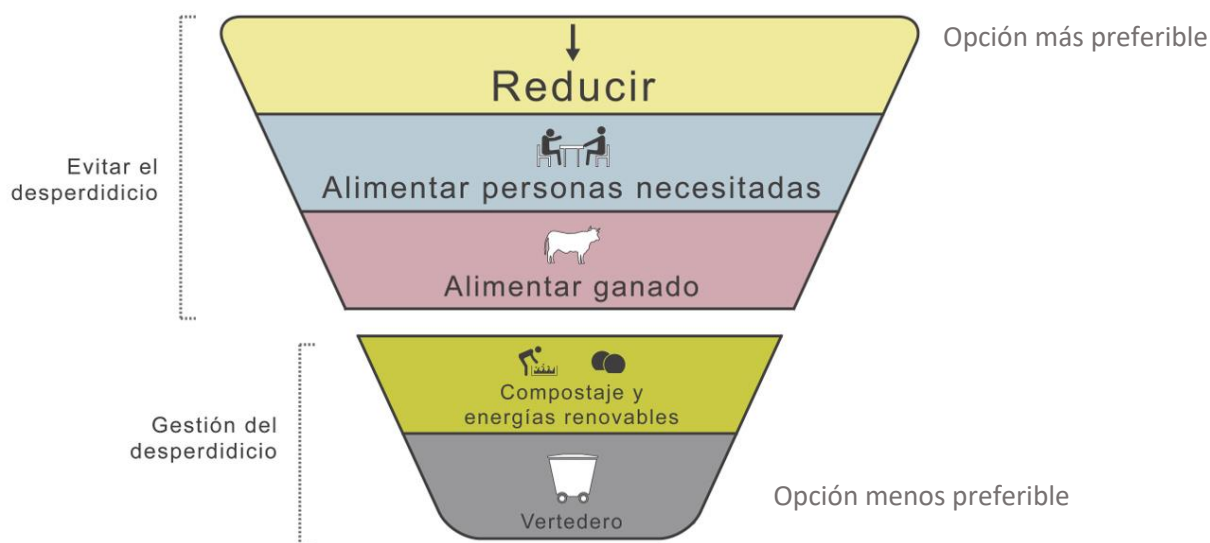


Ilustración 2. Pirámide Jerárquica de Gestión del Desperdicio Alimentario. Fuente: (Salemdeeb et al., 2017)

Alimentación porcina

Para la elaboración del pienso a partir de excedentes alimentarios es crucial que el producto cumpla los requisitos nutricionales de los cerdos. Las necesidades nutricionales del pienso para los animales varían en función de la especie, edad, etapa de crecimiento del cerdo, es por esta razón que para este trabajo se ha centrado en el pienso para cerdos de cebo de entre 30-60kg de peso vivo. Existen dos tipos de presentación del pienso para alimentación porcina: el pienso en seco y el pienso líquido fermentado.

Pienso en seco

El pienso en seco es la presentación más habitual del pienso es en seco, ya sea como harina o granulado (FEDNA, 2013). La elaboración del pienso en seco a partir de excedentes alimentarios debe tener una etapa de tratamiento térmico para reducir la elevada humedad del producto, y, por lo tanto, asegurar la seguridad alimentaria. En el caso de ser excedentes de frutas y verduras, la temperatura de los alimentos durante el tratamiento térmico debe alcanzar los 65°C durante 20 minutos para garantizar la inactivación de posibles microorganismos patógenos (García, Esteban, Márquez, & Ramos, 2005).

Pienso líquido fermentado

El segundo tipo de pienso es el líquido fermentado, este presenta beneficios sobre el epitelio intestinal, la flora digestiva y el estado sanitario de los cerdos más jóvenes (FEDNA, 2013).

La elaboración del pienso líquido consiste en: una etapa de pesado de las materias primas, seguido de una trituración y posterior mezcla con agua para mantener el producto en estado líquido y una homogeneización final de la mezcla (Lizardo, 2007). La literatura afirma que el coste de la alimentación de cerdos puede representar el 60-70% del coste de producción (Lizardo, 2007), por esta razón con el uso de materias primas como excedentes alimentarios permite abaratar el precio de la alimentación.

Ejemplo de elaboración de pienso con excedentes alimentarios

Un claro ejemplo de economía circular en la industria agroalimentaria se encuentra en Japón, ya que son responsables de la reutilización de los residuos alimentarios generados en la cadena de alimentos para la creación de piensos “EcoFeed” para la alimentación animal.

Durante el año 2007, se estimó que en Japón fue necesario importar alrededor del 75% de los ingredientes utilizados para producir alimentos para los animales, debido al bajo nivel de autosuficiencia del que se disponía, sobre todo en los ingredientes utilizados para la producción de piensos compuestos. A pesar de los altos volúmenes de materias primas importadas y el gran costo económico, grandes cantidades de alimentos se desperdiciaban en las empresas de restauración y de catering y, la mayoría de estos volúmenes se incineraban o se enterraban antes de ser reaprovechados (Sugiura et al., 2009).

Ante esta situación, el 25 de marzo del 2005, se formalizó un plan para incrementar la autosuficiencia para la alimentación animal en 2015 hasta un 35%. En base a este plan se estableció, el 12 de mayo del 2005, una estrategia para mejorar dicha autosuficiencia, con la promoción del uso de piensos a partir de excedentes alimentarios. Este proceso de fabricación de piensos para consumo animal a partir de sobras y restos alimentarios se conoce como *EcoFeed* (Sugiura et al., 2009).

Una vez estos residuos se han generado, los principales responsables del sistema de transporte, producción y comercialización de *Ecofeed* son, entre otras empresas, el Japan Food Ecology Center (J.FEC). Con este sistema de negocio se llega a la finalidad de resolver dos grandes problemas que afectan a nivel global, que son (Japan Food Ecology Center, 2020):

- i. Problemas en la eliminación de residuos: cada vez se generan volúmenes de residuos más elevados y es necesario obtener un nuevo sistema de reutilización de estos, debido a la falta de espacio en los sitios de disposición. A parte, el tratamiento de los residuos para la producción de alimentación animal conlleva una reducción

del costo de la gestión en comparación a los otros sistemas alternativos de tratamiento de residuos, ya sean la incineración o compostaje.

- ii. Problemas para los ganaderos en la alimentación animal: el alto precio de los piensos para la alimentación animal debido al elevado coste de importación de las materias primeras para la producción del pienso compuesto.

Japan Food Ecology Center son los encargados de producir un *Ecofeed* líquido fermentado, pero, también forman parte de lo que se conoce como “ciclo de reciclaje”. Este concepto consiste en que la empresa subministra a 15 ganaderos con el *Ecofeed* producido. Los animales alimentados a partir de este producto se procesan en una carne de alta calidad, que se vende a grandes almacenes, supermercados y negocios destinados a la alimentación humana. Los residuos alimentarios generados en estos servicios serán la materia prima de un nuevo lote de *Ecofeed*, para así poder seguir con el ciclo de reciclaje (Japan Food Ecology Center, 2020).



Ilustración 3. Flujo de reciclaje del desperdicio alimentario en el Japan Food Ecology Center. Fuente: (Japan Food Ecology Center), traducción propia.

3.5. Marco legislativo

Marco legislativo japonés

En Japón, las sobras y residuos alimentarios utilizados para la elaboración de pienso para alimentación animal han de cumplir la metodología y normativa indicada por el Ministerio de Agricultura, Ciencias forestales y Pesca (MAFF), para así prevenir la mezcla de Proteínas de Origen Animal (POA) para la alimentación de rumiantes durante las diferentes etapas de producción, importación, distribución, almacenaje... que podría derivar a enfermedades como la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) y otras enfermedades relacionadas (Refresh, 2018).

New Guidelines on Prevention of Intermixing of Animal Origin Proteins in Ruminant Feeds, issued by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Japan. 15 Shoan No. 1570 dated 15 September 2003

Los piensos para alimentación animal están separados en dos categorías diferentes:

- **Categoría A:** aquellos residuos y restos de productos alimentarios que pueden ser utilizados para pienso para rumiantes. Las POA están prohibidas para ser utilizadas en piensos de categoría A.

Dentro de las POA se incluyen: proteínas que provengan de mamíferos, aves de corral, pescados y mariscos, además de cualquier residuo alimentario que contenga trazas de POA. En los piensos de Categoría A se permite el uso de proteínas que provengan de: productos lácticos, productos de huevo y grasas que no provengan de mamíferos.

- **Categoría B:** Todos los demás alimentos y materias primas para animales de granja, los piensos de esta categoría solamente están permitidos para aves de corral, cerdos y pescado.

En empresas productoras de *Ecofeed* de categoría A y de categoría B se necesita prevenir la contaminación de piensos de categoría A con POA utilizadas para la fabricación de piensos de categoría B, para asegurar que no haya contaminación cruzada, se necesita controlar todas las etapas de producción, importación, distribución y almacenaje.

Además de los puntos nombrados en los anteriores apartados, es necesario establecer unos tratamientos específicos para garantizar la inocuidad de los alimentos utilizados para la elaboración de *Ecofeed*. Para certificar la calidad de los residuos se siguen las siguientes medidas:

Guideline for Ensuring Safety of Feeds Using Food Residues. Shoan No. 6074. Issued by Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Japan on 30 August 2006. Unofficial translation provided by MAFF of the updated version including partial amendment Shoan No. 3615 of 22 December 2016

Tratamiento térmico: cualquier resto de alimento utilizado para la elaboración de productos *Ecofeed* que contenga POA debe someterse, durante la elaboración de pienso, a un tratamiento térmico a 80°C durante 3 minutos. Este proceso sirve para inactivar los microorganismos patógenos responsables de enfermedades en animales de granja, como por ejemplo la Peste Porcina Clásica (Refresh, 2018).

Los participantes en llevar a cabo la elaboración del *Ecofeed*, ya sean los proveedores de los residuos alimentarios o los elaboradores del pienso, tienen establecidas un seguido de responsabilidades:

- **Proveedor de excedentes alimentarios:** es necesaria la correcta separación de los residuos alimentarios en las categorías establecidas en el apartado anterior. Para garantizar este aspecto, los alimentos se almacenan y transportan en diferentes contenedores (limpios y esterilizados) en las mejores condiciones posibles para mantener y preservar la calidad de las materias primas. Además, se debe controlar y monitorizar el estado de la separación por categorías, la calidad de las materias primas y la ausencia de materiales impropios que puedan afectar a la calidad del producto final (Refresh, 2018).
- **Procesador de pienso:** el elaborador del pienso debe confirmar que las medidas por parte del proveedor han sido cumplidas. Asimismo, durante el proceso de elaboración de *Ecofeed* se debe: llevar a cabo una rigurosa eliminación de posibles impropios en los contenedores de materias primas, la aplicación de los tratamientos térmicos descritos anteriormente y asegurar la calidad e inocuidad del producto final. Finalmente, se tienen que conservar los registros de las etapas de elaboración y un sistema de trazabilidad de los lotes de materias primas y de productos acabados (Refresh, 2018).

Para garantizar la seguridad y calidad de los productos elaborados, el procesador de *Ecofeed* es el encargado de:

- La toma de muestras y el posterior análisis de micotoxinas, residuos de pesticidas, metales pesados, microorganismos patógenos, oxidación de lípidos...
- Mantener un registro de: las fechas de elaboración del producto y recogida de muestras, resultados de los análisis...

Marco legislativo europeo

Aunque el aprovechamiento del desperdicio alimentario para alimentación animal es un concepto llevado a cabo en diferentes países fuera de la unión europea (Japón, Estados Unidos y Nueva Zelanda) y es apoyado por el proyecto de Fusions de la UE, actualmente, no se ha llegado a implementar debido a la falta de un sistema legislativo que permita con exactitud la elaboración de pienso a partir de residuos alimentarios.

En comparación con la normativa japonesa, el marco legislativo europeo no permite el uso de distintos residuos alimentarios para la alimentación animal. Este aspecto es debido a las crisis de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB), también conocida como la enfermedad de las vacas locas, y la crisis del “*Foot to mouth*”. Las normativas que contemplan esta prohibición son las siguientes:

- Regulación (EC) 999/2001⁴, que prohíbe el uso de proteína animal para alimentación animal, incluso para el pienso destinado a los animales omnívoros no rumiantes.
- Regulación (EC) 1069/2009⁵ juntamente con la Regulación (EC) 142/2011⁶, que prohíben el uso de sobras de alimentos generados en la cocina, los hogares, restaurantes y en los servicios de catering.

No obstante, hay un conjunto de excedentes alimentarios que, bajo la Regulación 1017/2017⁷ encargada de listar los alimentos que pueden ser utilizados como materias primas para la elaboración de pienso, pueden ser valorizados para alimentación animal. Esta legislación define a los antiguos alimentos como: *"los alimentos desperdiciados, fuera del sector del catering, que fueron elaborados para el consumo humano, siguiendo la conformidad de la legislación alimentaria de la UE, pero que ya no están destinados al consumo humano por razones prácticas o logísticas, debido a problemas de fabricación o defectos en el embalaje y no presenta ningún riesgo para la salud cuando se utiliza como alimento"* ("What are former foodstuffs? | EFFPA).

Para determinar si los excedentes alimentarios generados en un sector son aptos para su valorización en alimentación animal, existe una herramienta creada por Refresh que clasifica los excedentes según el tipo de alimento y el sector en el que se ha generado. En el caso del sector de los mercados de distribución se permite la valorización de alimentos que no hayan estado en contacto con proteínas de origen animal. («Animal Feed Tool - REFRESH: Community of Experts»)

3.6. Composición de frutas y verduras

La principal fuente de estos alimentos, aparte del agua que constituye entre el 90-96% en el caso de las verduras y entre el 80-90% en el caso de las frutas, son las vitaminas, minerales y la fibra. Las verduras, no presentan grandes proporciones de proteínas ni de lípidos, pero entre los componentes sólidos, destacan los hidratos de carbono a pesar de las bajas cantidades. Algunas verduras como las patatas y los tubérculos son más ricas en hidratos de carbono complejos (como el almidón), mientras que las demás disponen de hidratos de carbono simples (como el azúcar) (Arroyo et al., 2018).

⁴ Fuente: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02001R0999-20170701&from=EL>

⁵ Fuente: <https://www.boe.es/doue/2009/300/L00001-00033.pdf>

⁶ Fuente: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:054:0001:0254:ES:PDF>

⁷ Fuente: <https://www.boe.es/doue/2017/159/L00048-00119.pdf>

La composición de las frutas es muy variada dependiendo el tipo de fruto y su estado de maduración. En el contexto del valor energético de las frutas se destaca la baja proporción de hidratos de carbono complejos y proteínas.

En cambio, tanto en frutas y verduras, el contenido de vitaminas y minerales en las es elevado, destacando las altas cantidades de vitamina C y A, con función antioxidante. El caso de los minerales abundan las cantidades, principalmente, de potasio, seguido del magnesio. El primero es necesario para la transmisión del impulso nervioso y la actividad muscular normal y el segundo permite el correcto funcionamiento del intestino, nervios y músculos (Arroyo et al., 2018).

Estas materias primas, tanto las frutas como las verduras, destacan por ser alimentos fibrosos que si son destinados a alimentación porcina permiten la velocidad del tránsito digestivo, beneficia el bienestar del animal, disminuye la incidencia de estreñimientos, estereotipias y reduce el estrés (FEDNA, 2013). Además, al ser una fuente de fibra soluble, en este caso la pectina, pueden fermentar en el intestino grueso formando ácidos grasos de cadena corta y bajadas de pH que mejoran la salud intestinal del animal. La bajada de pH frena el desarrollo de patógenos relacionados con la fermentación proteica (FEDNA, 2013).

Según varios estudios en los que se analiza la composición nutricional de excedentes de frutas y verduras, los valores nutricionales de estos, tras eliminar el elevado contenido de agua con un tratamiento térmico, son los siguientes: 6% de humedad, 5% de cenizas, 10% de proteínas, 5% de grasas, 21,5% de fibra cruda, 53% de hidratos de carbono disponibles (almidón y azúcares solubles) y 296 kcal en 100 gramos (Ferreira et al., 2013).

El uso de frutas y verduras como materias primas para elaboración de pienso para alimentación animal, debe asegurar la ausencia de diferentes elementos no deseables y dioxinas. En las siguientes tablas (Tabla 1 y Tabla 2) se pueden observar las cantidades máximas permitidas (UE, 2006):

Tabla 1 Contenido máximo de elementos no deseables en alimentos con humedad del 12%. Fuente (UE, 2006)

Elementos	As	Pb	Hg	Cd
Contenido máximo en alimentos con humedad del 12%.	2 mg/kg	10 mg/kg	0.1 mg/kg	1 mg/kg

As: Arsenio; Pb: Plomo; Hg: Mercurio; Cd: Cadmio

Tabla 2. Límites de dioxinas y furanos en frutas, hortalizas y cereales. Fuente (UE, 2013)

Productos alimenticios	Dioxinas y furanos (EQ-OMS)	PBC similares a dioxinas (EQ-OMS)
Frutas, hortalizas y cereales	0,3 pg/g fresco	0,1 pg/g fresco

Estudios afirman que, aunque los excedentes de frutas y verduras no presentan los contenidos máximos de elementos no deseables (Arsenio, Plomo, Mercurio y Cadmio), una correcta limpieza húmeda y desinfección de los excedentes de frutas y verduras asegura la ausencia de estos elementos. Además, con este tratamiento, en los análisis de dioxinas, furanos y PBC no se detecta la presencia de estos componentes en las frutas y verduras (García et al., 2005).

En cuanto al análisis microbiológico de estos alimentos, se debe seguir la normativa de higiene alimentaria de las frutas y verduras. Por lo tanto, en la siguiente tabla se incluyen los límites microbiológicos regulados por el reglamento (CE) nº 207/2005 de la Comisión relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios:

Tabla 3. Límites microbiológicos de las frutas y verduras. Fuente: (UE, 2005).

<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Escherichia coli</i>
100 ufc/g	Ausencia en 25g	Min 100 ufc/g Máx 1000 ufg/g

3.7. Sistema APPCC

Para garantizar la inocuidad y seguridad de todo el proceso de elaboración de pienso para alimentación animal es necesario implantar un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), que es obligatorio para todas las empresas del sector alimentario.

Según (FAO, 2003), un sistema APPCC está formado por los siguientes principios:

- **Principio 1. Analizar un análisis de peligros:** en esta etapa se realiza un estudio de los posibles peligros en cada una de las etapas de producción. La presencia de estos peligros puede afectar negativamente a la calidad y seguridad del producto final. La función de este apartado es la identificación de los peligros y establecer ciertas medidas

preventivas para cada uno de ellos. Los peligros pueden ser de tipo físico, químico o biológico.

- **Principio 2. Determinar los puntos críticos de control (PCC):** a partir de los peligros establecidos en el principio anterior, se determinan aquellos que podrían afectar de manera directa a la seguridad alimentaria del producto final, y controlarlos hasta niveles adecuados para la inocuidad del producto.

Un punto crítico de control es una fase en la que se puede aplicar un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad del producto final o reducir este peligro hasta un nivel aceptable.

Para determinar si alguna de las etapas, es un punto crítico de control, aplicamos el árbol de decisiones. Este consta de cinco preguntas en las que se pueden comprobar si se tiene que aplicar un control a una etapa para un determinado peligro. Ver Anejo 2.

- **Principio 3. Establecer los límites críticos:** en este principio se establecen los valores extremos que no se deben sobrepasar para garantizar que el peligro está solucionado.
- **Principio 4. Establecer un sistema de vigilancia:** el sistema de vigilancia sirve para asegurar que el punto crítico de control se encuentra controlado y se están respetando los límites críticos. Esta vigilancia se puede realizar de forma continua o de manera intermitente, con esta última es necesario que sea suficiente para garantizar el cumplimiento de los límites críticos. Es necesario definir el método de vigilancia de cada punto crítico de control, es decir, establecer el responsable de realizar la vigilancia, el método y la periodicidad.
- **Principio 5. Establecer medidas correctoras:** en este principio se establecen medidas que se llevan a cabo en el caso de que el sistema de vigilancia no ha respetado los límites críticos establecidos.
- **Principio 6. Establecer procedimientos de verificación:** El sistema de verificación es un procedimiento de revisión periódico del APPCC que comprueba que se está realizando y respetando tal y como se ha establecido. Especialmente que el sistema de vigilancia se realiza siguiendo las instrucciones. También se verifica de manera periódica que los puntos críticos de control son eficaces y no representan ningún problema para el producto final.
- **Principio 7. Establecer un sistema de documentación sobre los procedimientos y registros asociados al APPCC:** el sistema de documentación tiene la finalidad de comprobar y asegurar el correcto funcionamiento de los puntos críticos de control establecidos.

4. Metodología

Este proyecto de investigación presenta una metodología con la que se puedan obtener datos que permitan realizar una estimación fiable de los volúmenes de alimentos desperdiciados en los mercados municipales de Barcelona. La metodología de trabajo se ha dividido en 8 etapas:

Etapa 1: Funcionamiento de los mercados

La primera etapa del trabajo consiste en obtener toda la información sobre los mercados municipales de Barcelona, el funcionamiento y la gestión de residuos, ya sea por parte de los comerciantes, o por parte de los propios mercados.

La metodología que se ha utilizado para obtener los conocimientos sobre estos aspectos ha sido contactar con el Instituto Municipal de Mercados de Barcelona (IMMB) y realizar 6 entrevistas y visitas a diferentes mercados con sus respectivos directores. Para obtener información más variada se ha contactado con mercados de diferentes dimensiones, para así poder ver si el funcionamiento de los mercados varía en función de su tamaño. La dimensión de los mercados visitados se ha clasificado según del número de comercios que dispone, siendo el mercado de la Boqueria el más grande y el mercado de Lesseps el más pequeño.

En la Tabla 4 se pueden observar las distintas reuniones que se han realizado en esta primera etapa del proyecto:

Tabla 4. Reuniones y visitas con los encargados de diferentes mercados municipales de Barcelona.

Lugar de reunión	Dimensión del mercado*	Fecha	Cargo de la persona entrevistada	Tipo de reunión
Mercado de Sant Antoni	14	7/10/2019	Directora del mercado de Bon Pastor	Presencial, entrevista semiestructurada y visita del mercado.
Mercado del Ninot	9	4/10/2019	Adjunto del Área 2 de mercados	Presencial, entrevista semiestructurada y visita del mercado.
Mercado de la Boquería	50	16/10/2019	Directora del mercado de la Boquería	Presencial, entrevista semiestructurada y visita del mercado.
Mercado de Lesseps	4	10/10/2019	Directora del mercado de Lesseps i de Estrella	Presencial, entrevista semiestructurada y visita del mercado.
Mercado de la Estrella	10	10/10/2019		
Instituto Municipal de Mercados de Barcelona	-	11/10/2019	Director de mercados	Presencial y entrevista semiestructurada.

*Las dimensiones del mercado se indica según el número de comercios destinados a la venta de frutas y verduras.

Las reuniones y visitas realizadas en los diferentes mercados permiten conocer de primera mano el funcionamiento de dichos mercados y poder hacer una estimación del funcionamiento de los demás mercados de Barcelona. Por esa razón, las dimensiones de los mercados visitados difieren tanto, para así ver el funcionamiento y la gestión de los residuos en mercados más grandes y en más pequeños.

Etapas 2: Cuantificación y clasificación del desperdicio alimentario

Esta segunda etapa consiste en cuantificar y clasificar el desperdicio alimentario generado en un mercado municipal. Se ha seleccionado el Mercado de Sant Antoni como representante del resto de mercados de Barcelona por sus características en cuanto a 1) el número de comercios destinados a frutas y verduras, y 2) el horario realizado por el mercado. El uso del mercado de Sant Antoni como referencia permite hacer una extrapolación aproximada de las cantidades de alimentos desperdiciados en los otros mercados de Barcelona.

La cuantificación en el mercado de Sant Antoni se realizó durante cuatro días de la última semana de octubre 2019: miércoles, jueves, viernes y sábado. Se eligieron estos días debido a que en las entrevistas con los directores de mercados se aclaró que los volúmenes de residuos generados de lunes a viernes eran similares y, que el sábado se generaban volúmenes más elevados de excedentes alimentarios.

El material utilizado durante la cuantificación fue el siguiente:

- Báscula
- Guantes de nitrilo
- Hoja de registro (ver Anejo 1)
- Cámara de fotografía

Para cuantificar el desperdicio se optó por el método de medición directa, uno de los métodos propuestos por la Comisión Europea en la Decisión Delegada (UE) 2019/1597 de la Comisión de 3 de mayo de 2019. El uso de este método permite registrar y clasificar los alimentos desperdiciados de las diferentes paradas de frutas y verduras en el mercado de Sant Antoni.

El pesaje de los excedentes alimentarios se hizo de forma directa en la zona logística del mercado, lugar donde se encontraban los contenedores de basura. El procedimiento para realizar la cuantificación de los residuos alimentarios fue el siguiente:

1. Recibir los recipientes con excedentes alimentarios de los comerciantes de frutas y verduras. En algunos recipientes había impropios (bolsas de plástico, trozos de papel) mezclados con los residuos alimentarios. Los impropios se separaban manualmente del recipiente para pesar únicamente los alimentos desperdiciados.
2. Pesar los recipientes llenos de excedentes alimentarios en la báscula.
3. Realizar una fotografía a los alimentos cuantificados, para facilitar su posterior caracterización.
4. Vaciar los residuos alimentarios en el contenedor de basura orgánico.
5. Pesar los recipientes vacíos para obtener el peso de los alimentos desperdiciados restando el peso de los recipientes vacíos de los recipientes llenos.
6. Apuntar los datos en una hoja de registros (ver Anejo 1) diseñada específicamente para agilizar y organizar la información que se iba recogiendo.

Una vez cuantificado el desperdicio alimentario en el mercado de Sant Antoni se procedió a la caracterización de los alimentos con la finalidad de poder clasificar los residuos generados en dos variables, el tipo de alimento y el estado en el que se encontraban los alimentos una vez se cuantificaban:

- **Según el tipo de alimento:** clasificación de los alimentos en función a si eran frutas o verduras.
- **Según el estado:** clasificación de los alimentos desperdiciados en relación con el estado en el que se encontraban. Esta permite identificar la calidad de los alimentos desperdiciados, un factor clave en la posterior valorización de estos para la elaboración de pienso. Los alimentos se organizaron de la siguiente manera:
 - o **Muy aptos:** alimentos en perfecto estado, es decir, aptos para el consumo humano sin la necesidad de ningún tratamiento para alargar la vida útil de estos.
 - o **Aptos:** alimentos que, aunque por el aspecto no se encontraban en el estado óptimo para la venta al consumidor, eran aptos para el consumo humano.
 - o **No aptos:** alimentos que ya se encontraban al final de su vida útil, estaban en estado de descomposición y no valorizables para alimentación animal.

Etapa 3: Extrapolación a todos los mercados de Barcelona

Esta etapa tiene el objetivo de obtener una cifra de desperdicio alimentario generado en todos los mercados. La metodología utilizada consiste en usar la cuantificación de Sant Antoni como referencia de los excedentes de frutas y verduras generados y realizar las aproximaciones pertinentes para la extrapolación al conjunto de mercados municipales de la ciudad de Barcelona.

Etapa 4: Gestión y transporte de excedentes alimentarios

Una vez se conocen las cantidades aproximadas de excedentes de frutas y verduras generadas en todos los mercados municipales de Barcelona, es necesario idear un sistema de gestión y transporte de dichos excedentes. En esta etapa, se valoran las diferentes posibilidades de gestión y transporte de estos alimentos con la finalidad de conservar la calidad y seguridad alimentaria establecida por la normativa actual.

Al mismo tiempo, se ha tenido en cuenta el tiempo de transporte y la distancia recorrida durante el transporte de los excedentes alimentarios de los diferentes mercados municipales. Para determinar estos factores, se ha utilizado un mapa de la ciudad de Barcelona y se han calculado las distancias y el tiempo de transporte entre los mercados realizado por un vehículo.

Etapa 5: Elaboración de alimentación animal

Esta etapa consiste en determinar el tipo de alimento que se pretende elaborar a partir de los excedentes de frutas y verduras, teniendo en cuenta las limitaciones nutricionales de las

materias primas. Seguidamente, se definen las principales características del producto elaborado a partir de los excedentes de frutas y verduras:

- Información nutricional
- Proceso de elaboración
- Tipo de envasado
- Etiquetado del producto

Al mismo tiempo, se define el diagrama de flujo con todas las etapas que tienen lugar en el proceso de elaboración del producto para alimentación porcina. Además, a partir de las cantidades de excedentes de frutas y verduras semanales recogidas de los mercados, se calcula el rendimiento del proceso de elaboración.

Etapa 6: Estudio de la viabilidad

La etapa tiene la función de estudiar si los volúmenes de excedentes de frutas y verduras producidos en los mercados municipales de Barcelona y las cantidades de alimento para alimentación porcina son viables para alimentar al número de cabezas de cerdos de engorde actuales en la provincia de Barcelona.

Además, se han determinado las cantidades de materias primas convencionales ahorradas, sustituyendo estas por el alimento formado a partir de excedentes de frutas y verduras.

Etapa 7: Sistema de análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC)

En esta etapa se han aplicado los 7 principios que forman parte de un sistema APPCC en todo el proceso de transformación de excedentes de frutas y verduras:

- **Principio 1. Analizar un análisis de peligros:** se realiza un estudio y el listado de los posibles peligros presentes en cada una de las etapas de producción. Para hacer este listado, se ha utilizado la Tabla 5:

Tabla 5. Tabla base para analizar y listar los peligros.

Estudio de los peligros			Medidas preventivas
Etapas del proceso	Tipo de peligro	Peligro	

- **Principio 2. Determinar los puntos críticos de control (PCC):** mediante el árbol de decisiones (Anejo 2) se han determinado aquellas etapas que presenten un peligro que pueda afectar de forma directa a la seguridad del producto final. La siguiente tabla se ha utilizado para desarrollar este principio:

Tabla 6. Tabla base para determinar los puntos críticos de control.

Etapa	Peligro	Principio 2					Punto crítico de control
		P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	

- **Principio 3 y 4. Establecer límites críticos y un sistema de vigilancia:** se han determinado los límites críticos y el sistema de vigilancia en las etapas que sean un punto crítico de control.

Tabla 7. Tabla base para establecer límites críticos y el sistema de vigilancia.

Etapa: Granulado		Vigilancia				
		Procedimiento			Frecuencia	Responsable
Peligro	Límite crítico	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?		

- **Principio 5. Establecer acciones correctivas:** para cada etapa del proceso de elaboración que sea un punto de control crítico, se han determinado las acciones correctivas en el caso de que los principios 3 y 4 no se hayan respetado.

Tabla 8. Tabla base para establecer acciones correctivas.

Etapa	Peligro	Acción correctiva
-------	---------	-------------------

La finalidad de este proyecto es garantizar la seguridad alimentaria del producto final. Por esta razón, como los principios 6 y 7 no están directamente relacionados con la inocuidad alimentaria, no se ven reflejados en los resultados de la memoria.

Etapa 8: Barreras administrativas, legales y logísticas

Finalmente, se realiza un listado de las limitaciones que presentan las diferentes etapas que se han llevado a cabo para poder hacer este sistema de valorización. Las limitaciones identificadas pueden ser administrativas, legales y logísticas. Al mismo tiempo, se valoran las alternativas o posibles soluciones para estas limitaciones con la finalidad de proponer ideas de mejora para las etapas del sistema de valorización de excedentes alimentarios.

5. Resultados

5.1. Funcionamiento de los mercados

Actualmente, en la ciudad de Barcelona hay un total de 38 mercados municipales destinados a la alimentación. Los mercados están distribuidos en tres áreas, la clasificación de cada mercado depende de la ubicación de este en la ciudad. Las áreas disponen cada una de un jefe y un adjunto de área que tienen la función de recoger los informes de actividad de los mercados que se encuentran dentro del área en cuestión. Cada mercado dispone de un director y varios administrativos (según las dimensiones del mercado) encargados de gestionar el mercado.

La gestión de residuos por parte de los mercados municipales finaliza en el vertido, por parte de los comerciantes, de los residuos en los contenedores de basura, facilitados por el Ayuntamiento de Barcelona, situados en la zona logística de cada mercado. La zona logística se suele estacionar en la planta baja de los mercados, junto a los almacenes de los comerciantes, para así dividir y evitar la contaminación de la zona de los comercios con la zona de los residuos.

Cada mercado dispone de una cantidad determinada de contenedores de basura en relación a las dimensiones del mercado en cuestión. El número de contenedores destinados a las diferentes fracciones de residuos (vidrio, cartón, orgánico y plástico) depende del mercado y de los volúmenes de residuos generados.

El posterior transporte y tratamiento de los residuos no está relacionado con los mercados municipales, ya que el Ayuntamiento de Barcelona es el encargado de realizar contrataciones con diferentes empresas encargadas de gestionar los residuos generados en los diferentes distritos de Barcelona. Los residuos orgánicos son transportados a las plantas de valorización donde se realizan los diferentes tratamientos de los restos, principalmente compostaje y la digestión anaerobia. Como se ha visto en anteriores apartados, estas valorizaciones no son la mejor opción a nivel de optimización de los restos alimentarios, ni a efectos al medio ambiente.

La Ordenanza Municipal de Mercados⁸, que es la normativa que regula la gestión y actividad de los mercados municipales de Barcelona, no hace ninguna referencia específica en el tema de los residuos.

⁸Fuente: <https://ajuntament.barcelona.cat/mercats/sites/default/files/ordenan%C3%A7a%20municipal%20mercats%20%28text%20consolidat%29.pdf>

Al mismo tiempo, para facilitar posterior análisis de datos, se han determinaron los horarios de venta de los comercios de frutas y verduras, ya que dependiendo del día de la semana se generan más o menos excedentes alimentarios. Los días de la semana se han dividido en:

- **Jornadas partidas:** son los días entre semana en que los mercados hacen el siguiente horario, de 8:30h a 15h.
- **Jornadas completas:** son los días entre semana en que los mercados abren todo el día, es decir, de 8:30h a 20:30h.
- **Sábados:** en este día la mayor parte de mercados y sus respectivos comercios de frutas y verduras están cerrados a partir de las 15h. Los volúmenes de residuos generados son superiores a los demás días de la semana, es por eso por lo que se ha clasificado como una jornada aparte.

Siguiendo la clasificación establecida, en la Tabla 9 se puede observar los mercados según el número de comercios de frutas y verduras y según las jornadas que se realizan en una semana:

Tabla 9. Clasificación de los mercados municipales.

Mercado Municipal	Número de comercios	Jornadas partidas	Jornadas Completas	Sábados
La Boqueria	50	0	5	1
Galvany	16	5	0	1
Sant Antoni	14	0	5	1
Hostafrancs	13	0	5	1
Santa Caterina	13	3	2	1
Concepció	13	1	4	1
Montserrat	12	4	1	1
Sagrada familia	11	0	4	1
Horta	11	4	1	1
Estrella	10	3	2	1
Carmel	10	3	2	1
Mercé	10	3	2	1
El Ninot	9	0	5	1
Clot	7	1	4	1
Sants	7	2	3	1
Llibertat	7	0	5	1
Felip II	7	4	1	1
Abaceria	6	0	5	1
Les Corts	6	3	2	1
Besòs	5	4	1	1
Guineueta	5	4	1	1
Lesseps	4	3	2	1
Vall d'Hebron	4	4	1	1
Marina	3	2	3	1
Poble Nou i Unió	3	1	4	1
Provençals	3	1	4	1
Sant Martí	3	4	1	1
Sant Gervasi	3	3	2	1
Sarrià	3	1	4	1
Tres Torres	3	5	0	1
Canyelles	3	4	1	1
Sant Andreu	3	4	1	1
Barceloneta	2	4	1	1
Fort Pienc	2	1	4	1
Bon Pastor	2	2	3	1
Ciutat Meridiana	2	4	1	1
Guinardó	2	4	1	1
Trinitat	2	1	4	1

5.2. Cuantificación y caracterización de los excedentes

Los resultados de la cuantificación del desperdicio alimentario de frutas y verduras del mercado de Sant Antoni dan como resultado un total de 439,78 kg durante cuatro días de la semana. Los valores del desperdicio alimentario han sido los siguientes:

Tabla 10. Resumen de la cuantificación en el Mercado de Sant Antoni.

Día de la semana	Cantidades (kg)
Miércoles	114,41
Jueves	116,02
Viernes	118,65
Sábado (solo por la mañana)	90,7

En la Tabla 11 se pueden observar los volúmenes de frutas y verduras generadas durante la etapa de cuantificación en el mercado de Sant Antoni:

Tabla 11. Cantidades de excedentes de frutas y verduras en el mercado de Sant Antoni por día, estado y tipo de los excedentes

Alimento/ Día de la semana		Verduras (kg)				Frutas (kg)			
		Muy Apto	Apto	No Apto	Total	Muy Apto	Apto	No Apto	Total
Miércoles	Mañana	52,17	12,7	0	64,86	6,34	6,93	0	13,26
	Tarde	1,69	23,14	0	24,83	1,24	10,22	0	11,46
Jueves	Mañana	55,52	2,76	5,93	64,20	0,48	1,84	0	2,32
	Tarde	28,41	5,2	0	33,61	15,89	0	0	15,89
Viernes	Mañana	52,15	14,38	2,27	68,8	7,61	7,63	0	15,24
	Tarde	18,91	7,1	0	26,01	1,51	7,10	0	8,6
Sábado	Mañana	73,17	6,03	0	79,19	7,80	3,71	0	11,51
TOTAL		282,02	71,31	8,20	361,50	40,87	37,43	0	78,28

Si se analizan los volúmenes de los excedentes alimentarios generados en el mercado de Sant Antoni, se concluye que durante los cuatro días de cuantificación se ha generado el 82,2% más de verdura que de fruta.

Observando las cantidades de alimentos desperdiciados por la mañana y por la tarde, en cuanto a verduras, se puede determinar que los volúmenes generados por la mañana (de miércoles a viernes) son del 70% más que por la tarde. Si nos fijamos en las frutas, los volúmenes generados por la mañana (de miércoles a viernes) se asemejan a las cantidades generadas por la tarde. El porcentaje de diferencia entre las cantidades cuantificadas por la mañana y por la tarde es del 46% y el 54%, respectivamente.

En cuanto al estado del producto, tanto en verduras y frutas, las cantidades de alimentos en buen estado para el consumo humano (muy apto y apto) suman los 431,59 kg, mientras que aquellos alimentos en estado de descomposición (no apto) solamente alcanzan los 8,2 kg. Observando únicamente las cantidades de verduras desperdiciadas, el 97% de los alimentos cuantificados pertenecen a aquellos en buen estado de consumo humano (muy apto y apto). En relación con las frutas, la diferencia de alimentos es más clara, ya que el 100% de los volúmenes cuantificados se encuentran en un estado apto para el consumo humano.

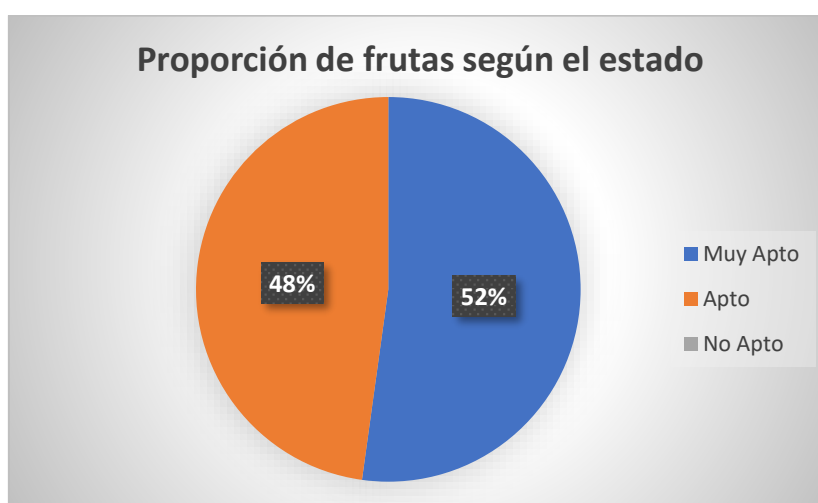
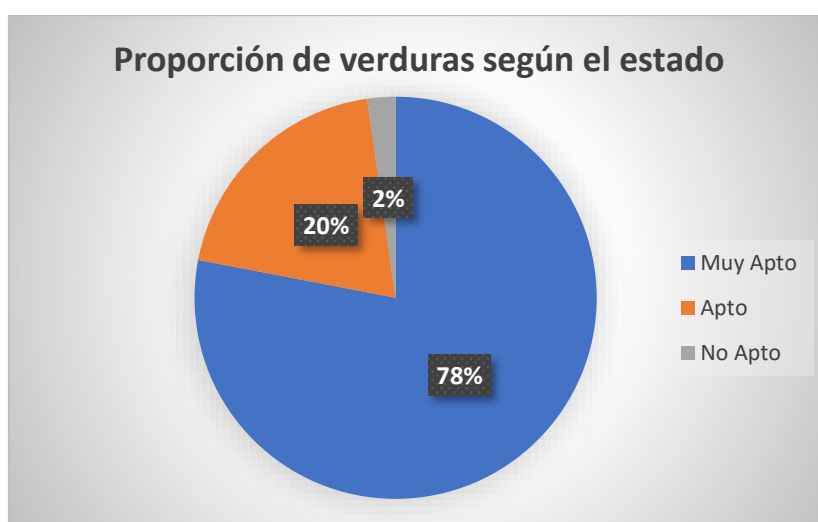


Ilustración 4. Figura A (arriba) proporción de verduras cuantificadas según el estado y Figura B (abajo) proporción de frutas cuantificadas según el estado.



Ilustración 5. Imagen de los excedentes de verduras cuantificados en el mercado de Sant Antoni

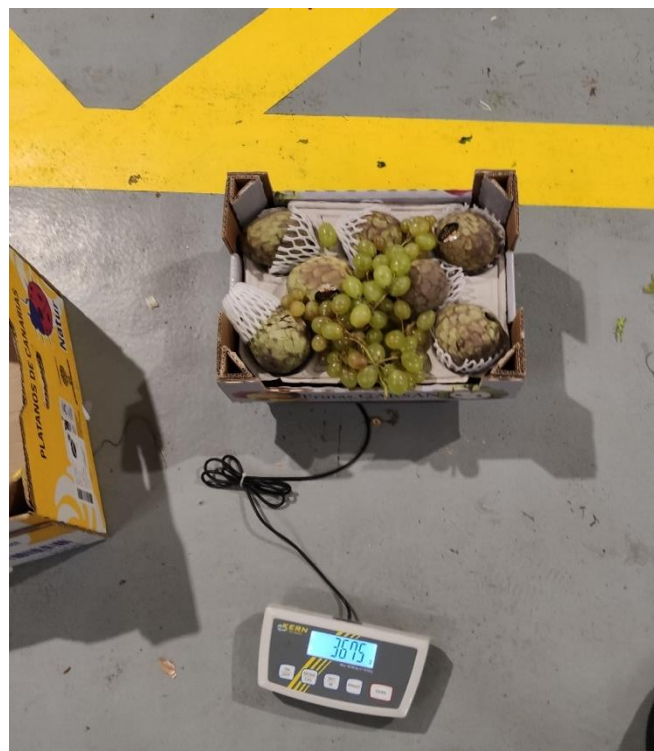
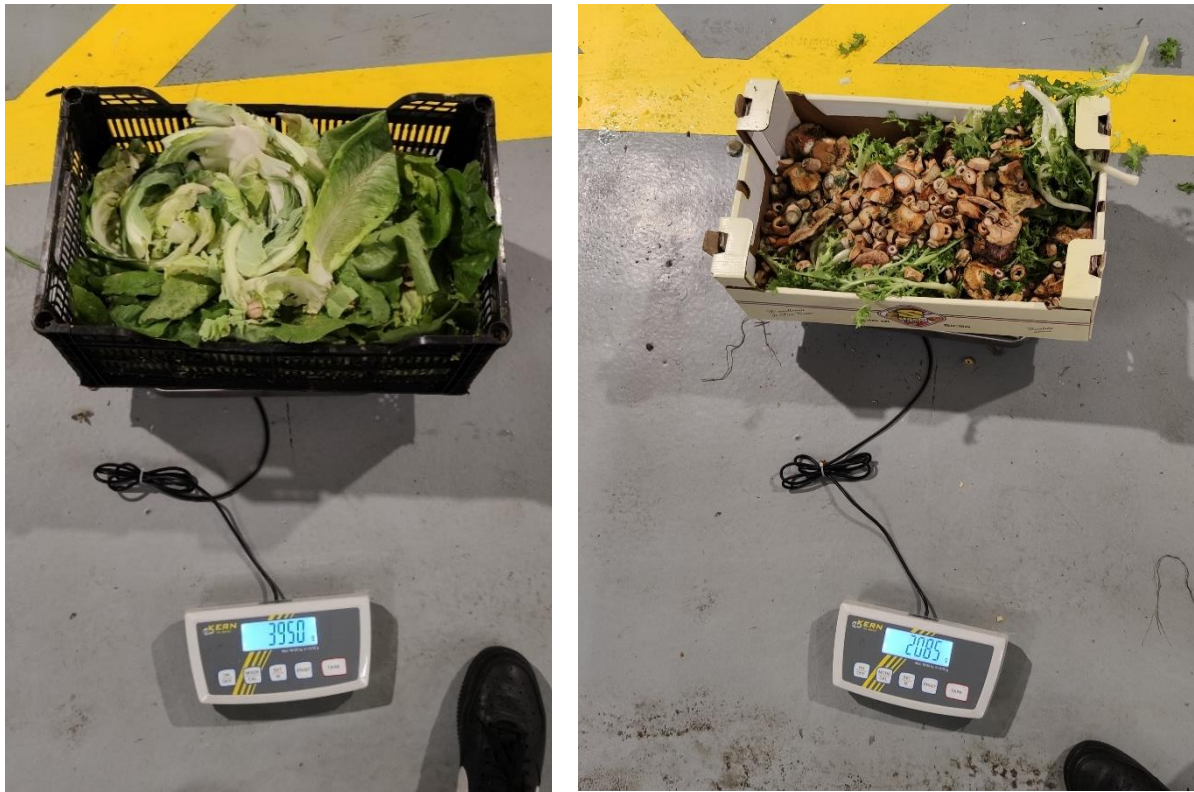


Ilustración 6. Imagen de los excedentes de frutas cuantificados en el mercado de Sant Antoni



Il·lustració 7. Imagen de los excedentes cuantificados en el mercado de Sant Antoni.

5.3. Extrapolación a todos los mercados de Barcelona

Una vez realizada la cuantificación y la caracterización de los excedentes de frutas y verduras en el mercado municipal de Sant Antoni, se ha procedido a extrapolar estos volúmenes a todos los mercados municipales de Barcelona. La extrapolación se ha realizado partiendo de las cantidades de alimentos desperdiciados por cada comercio del mercado de Sant Antoni, esto es debido a que hasta la fecha no existe ningún registro de negocio, es decir, de las cantidades de productos comprados y vendidos por comercio ni por mercado municipal. Si hubiera habido un registro con estos valores se habría realizado la extrapolación en función a la proporción de alimentos comprados y alimentos desperdiciados. Para calcular las cantidades de excedentes de frutas y verduras por comercio en el mercado de Sant Antoni se ha seguido el siguiente procedimiento:

En primer lugar, ya que no se realizaron las cuantificaciones del lunes y el martes en el mercado de Sant Antoni, gracias a la información obtenida por parte de los comerciantes y los directores de mercado, se ha estimado que los volúmenes de excedentes generados durante esos días se asemejan a los formados durante el resto de los días de la semana y, por lo tanto, se puede hacer una media con los volúmenes de frutas y verduras de miércoles a viernes (Tabla 12).

Tabla 12. Estimación de los kg de frutas y verduras desperdiciadas semanalmente en el mercado de Sant Antoni.

Alimento/ Día de la semana		Verduras (kg)				Frutas (kg)			
		Muy Apto	Apto	No apto	Total	Muy Apto	Apto	No apto	Total
Lunes	Mañana	53,28	9,95	2,73	65,95	4,81	5,47	0	10,28
	Tarde	16,34	11,81	0	28,15	6,21	5,77	0	11,98
Martes	Mañana	53,28	9,95	2,73	65,95	4,81	5,47	0	10,28
	Tarde	16,34	11,81	0	28,15	6,21	5,77	0	11,98
Miércoles	Mañana	52,17	12,7	0	64,86	6,34	6,93	0	13,26
	Tarde	1,69	23,14	0	24,83	1,24	10,22	0	11,46
Jueves	Mañana	55,52	2,76	5,93	64,20	0,48	1,84	0	2,32
	Tarde	28,41	5,2	0	33,61	15,89	0	0	15,89
Viernes	Mañana	52,15	14,38	2,27	68,8	7,61	7,63	0	15,24
	Tarde	18,91	7,1	0	26,01	1,51	7,10	0	8,6
Sábado	Mañana	73,17	6,03	0	79,19	7,80	3,71	0	11,51
TOTAL		426,26	114,83	13,66	554,75	62,91	59,91	0	122,82

Con estos valores, se han agrupado los volúmenes de excedentes de frutas y verduras en: volúmenes generados entre semana por la mañana y por la tarde, y volúmenes generados los sábados por la mañana por comercio en el mercado de Sant Antoni, teniendo en cuenta que hay un total de 14 comercios dedicados a frutas y verduras.

Tabla 13. Estimación de los kg semanales de excedentes de frutas y verduras generados por comercio en el mercado de Sant Antoni.

Alimento / Semana		Verdura (kg)				Fruta (kg)			
		Muy Apto	Apto	No Apto	Total	Muy Apto	Apto	No Apto	Total
Entre semana	Mañana	3,81	0,71	0,2	4,71	0,34	0,39	0	0,73
	Tarde	1,17	0,84	0	2,01	0,44	0,41	0	0,86
Sábado	Mañana	5,23	0,43	0	5,66	0,56	0,26	0	0,82
TOTAL		10,21	1,98	0,2	12,38	1,34	1,06	0	2,41

Una vez hecha la clasificación de los volúmenes de excedentes según el día de la semana, la franja horaria, el origen del producto y el estado de éste, se ha procedido a calcular el promedio de los volúmenes de forma anual por comercio en el mercado de Sant Antoni. Sabiendo que durante el año, los mercados municipales abren un total de 11,6 meses (PROCOM & Institut Cerdà, 2009) se puede obtener la estimación del promedio de volúmenes anuales de frutas y verduras desperdiciadas por comercio:

Tabla 14. Estimación de los kg anuales de excedentes de frutas y verduras generados por comercio en el mercado de Sant Antoni.

Alimento / Anual		Verdura (kg)				Fruta (kg)			
		Muy Apto	Apto	No Apto	Total	Muy Apto	Apto	No Apto	Total
Entre semana	Mañana	176,58	32,96	9,05	218,59	15,94	18,12	0	34,06
	Tarde	54,15	39,14	0	93,3	20,58	19,13	0	39,71
Sábado	Mañana	242,49	19,97	0	262,46	25,85	12,3	0	38,15
TOTAL		473,22	92,07	9,05	574,35	62,37	49,55	0	111,92

A partir de esta estimación, sabiendo la proporción del estado de los alimentos y el horario realizado durante una semana del mercado de Sant Antoni, se procede a calcular la estimación

de las cantidades de frutas y verduras desperdiciadas anualmente. La fórmula utilizada para calcular los kilogramos del estado de fruta o verdura para cada mercado ha sido la siguiente:

$$((N * Dm * VEm * PEm) + (N * Dc * ((VEm * PEm)) + (VEt * PEt))) + (N * Ds * VEs * PEs)) = kg \text{ de frutas o verduras según el estado.}$$

Siendo:

N: número de comercios destinados a frutas y verduras.

Dm: días de la semana que se realiza horario de mañana.

Dc: días de la semana que se realiza horario completo

Ds: sábados de la semana.

VEm: volumen de fruta o verdura en estado muy apto, apto o no apto generado entre semana por la mañana.

VEt: volumen de fruta o verdura en estado muy apto, apto o no apto generado entre semana por la tarde.

VEs: volumen de fruta o verdura en estado muy apto, apto o no apto generado un sábado.

PEm: proporción de estado muy apto, apto o no apto de verdura o fruta generada entre semana por la mañana.

PEt: proporción de estado muy apto, apto o no apto de verdura o fruta generada entre semana por la tarde.

Tabla 15. Resumen de la estimación de cantidades de excedentes de frutas y verduras generadas anualmente en el mercado de Sant Antoni.

Mercado	Verdura (t)				Fruta (t)			
	Muy Apto	Apto	No Apto	Total	Muy Apto	Apto	No Apto	Total
Sant Antoni	19,55	5,33	0,63	24,85	2,92	2,78	0	5,70

De esta estimación, los alimentos que interesan para la elaboración de alimentación animal son los que se encuentran en estado muy apto y apto, ya que los del tercer estado, al estar en estado de descomposición, no son aptos para el propósito del trabajo. Por lo tanto, se puede concluir que, en el mercado de Sant Antoni, de manera anual, se pueden reaprovechar un total de: 24,85 toneladas de verduras y 5,7 toneladas de frutas.

Una vez estimado el volumen y la proporción del estado de los excedentes de frutas y verduras generados por comercio del mercado de Sant Antoni durante un año, y sabiendo el horario y el número comercios destinados a frutas y verduras de cada mercado del área de Barcelona, se procede a realizar una extrapolación de los volúmenes de excedentes de frutas y verduras

generados en todos los mercados municipales de Barcelona. Se debe tener en cuenta que no todos los alimentos desperdiciados se pueden utilizar para la elaboración de alimentación animal. Por esta razón, en la extrapolación, solamente se han tenido en cuenta los excedentes de frutas y verduras aptos para la alimentación animal de cada mercado, es decir, aquellos en estado muy apto y apto.

Los horarios semanales de los mercados municipales obtenidos de un estudio (Institut de Mercats de Barcelona, 2014) se han dividido según el número de días a la semana que realizan horario de mañanas y el número de días a la semana que hacen horario completo (mañana y tarde).

La fórmula utilizada para calcular las toneladas del estado de fruta o verdura para cada mercado ha sido la misma que se ha hecho servir para realizar la estimación de los volúmenes anuales de alimentos desperdiciados en el mercado de Sant Antoni. Las cantidades de excedentes alimentarios en todos los mercados se han interpretado en la Tabla 16 de manera semana y de manera anual.

Tabla 16. Estimación de las cantidades (en toneladas) de excedentes de frutas y verduras semanales y anuales en todos los mercados municipales de Barcelona.

Mercado	Comercios frutas y verduras	SEMANAL (t)		ANUAL (t)	
		VERDURA	FRUTA	VERDURA	FRUTA
		TOTAL ÚTIL	TOTAL ÚTIL	TOTAL ÚTIL	TOTAL ÚTIL
Boqueria	50	1,91	0,44	88,83	20,35
Galvany	16	0,45	0,07	20,96	3,33
Sant Antoni	14	0,54	0,12	24,87	5,70
Hostafrancs	13	0,50	0,11	23,10	5,29
Santa Caterina	13	0,42	0,08	19,46	3,74
Concepció	13	0,47	0,10	21,88	4,77
Montserrat	12	0,36	0,06	16,84	2,98
Sagrada familia	11	0,35	0,08	16,21	3,67
Horta	11	0,33	0,06	15,44	2,73
Estrella	10	0,32	0,06	14,97	2,88
Carmel	10	0,32	0,06	14,97	2,88
Mercé	10	0,32	0,06	14,97	2,88
Ninot	9	0,34	0,08	15,99	3,66
Clot	7	0,25	0,06	11,78	2,57
Sants	7	0,24	0,05	11,13	2,29
Libertat	7	0,27	0,06	12,44	2,85
Felip II	7	0,21	0,04	9,82	1,74
Abaceria	6	0,23	0,05	10,66	2,44
Les corts	6	0,19	0,04	8,98	1,73
Besòs	5	0,15	0,03	7,02	1,24
Guineueta	5	0,15	0,03	7,02	1,24
Lesseps	4	0,13	0,02	5,99	1,15
Vall d'hebron	4	0,12	0,02	5,61	0,99
Marina	3	0,10	0,02	4,77	0,98
Poble nou i unió	3	0,11	0,02	5,05	1,10
Provençals	3	0,11	0,02	5,05	1,10
Sant Martí	3	0,09	0,02	4,21	0,74
Sant Gervasi	3	0,10	0,02	4,49	0,86
Sarrià	3	0,11	0,02	5,05	1,10
Tres torres	3	0,08	0,01	3,93	0,63
Canyelles	3	0,09	0,02	4,21	0,74
Sant Andreu	3	0,09	0,02	4,21	0,74
Barceloneta	2	0,06	0,01	2,81	0,50
Fort Pienc	2	0,07	0,02	3,37	0,73
Bon Pastor	2	0,07	0,01	3,18	0,66
Ciutat Meridiana	2	0,06	0,01	2,81	0,50
Guinadro	2	0,06	0,01	2,81	0,50
Trinitat	2	0,07	0,02	3,37	0,73
TOTAL	289	9,88	2,04	458,24	94,73

Si nos fijamos en los volúmenes generados ya sea semanal o anualmente, los mercados con más alimentos desperdiciados son aquellos que tienen más comercios dedicados a frutas y verduras

y realizan más horarios completos en una semana. Los mercados con más volúmenes de excedentes semanales de frutas y verduras son: la Boqueria (2,35 t), Sant Antoni (0,66 t), Hostafrancs (0,61 t), Concepció (0,57 t) y Galvany (0,52 t). Los mercados con menos comercios y, por lo tanto, menos volúmenes semanales de frutas y verduras desperdiciadas son: el Guinardó (0,07 t), Ciutat Meridiana (0,07 t), Barceloneta (0,07 t) y Fort Pienc (0,09 t).

Se han situado en el mapa de la ciudad de Barcelona los mercados y los respectivos volúmenes totales de frutas y verduras generados en una semana. El criterio para diferenciar la importancia de un mercado ha sido con relación a los volúmenes de excedentes alimentarios que se generan en una semana:

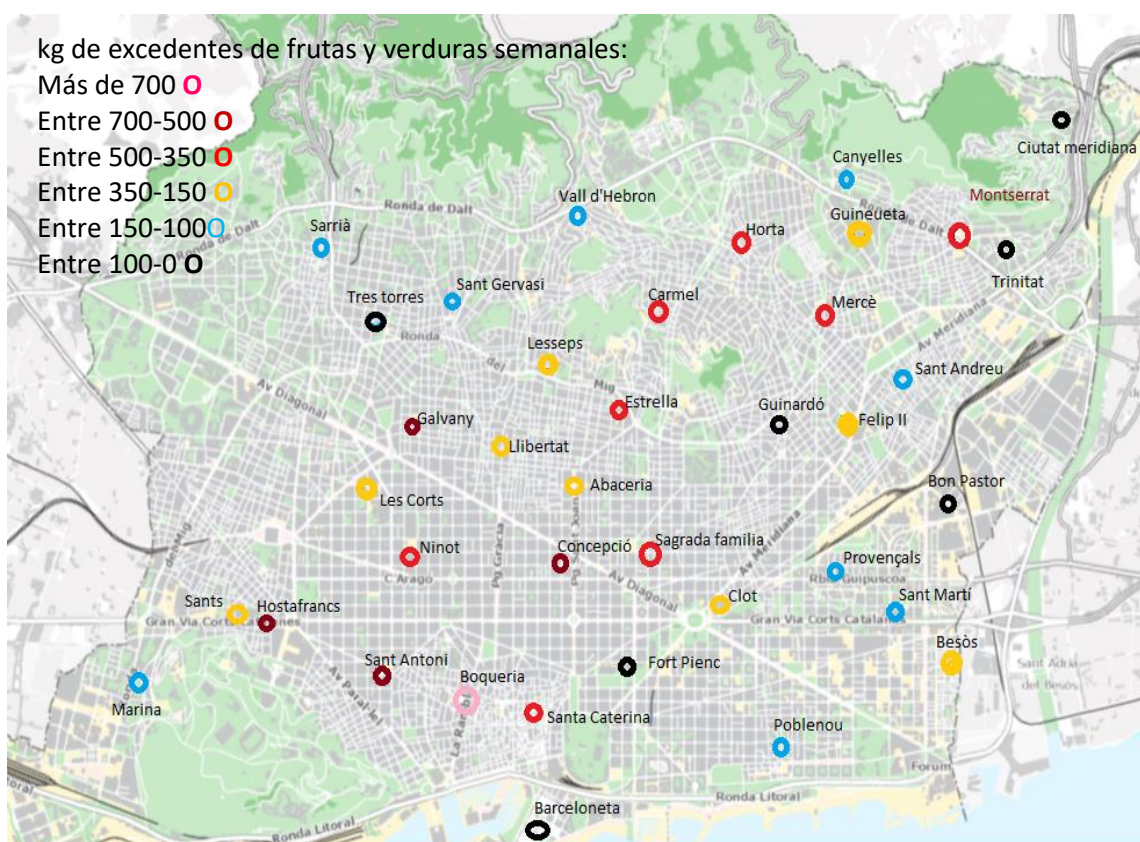


Ilustración 8. Volúmenes de Excedentes de Frutas y Verduras (EFV) en todos los mercados municipales de Barcelona. Fuente: Elaboración propia.

5.4. Gestión y transporte de los excedentes alimentarios

Los mercados municipales deben estar dotados de un nuevo sector especializado con contenedores para verter los excedentes de frutas y verduras, con la finalidad de que estén en espacios separados de los demás residuos y no se produzca una contaminación cruzada de los alimentos. Al mismo tiempo, se debe asegurar que los contenedores se encuentren tapados en todo momento para evitar la entrada de microorganismos patógenos o cuerpos extraños. Por

ejemplo, los contenedores de excedentes de fruta y verdura no pueden estar en contacto con restos de productos de origen animal, ya que estos no son aptos para la elaboración de pienso para cerdos según la Regulación (EC) 999/2001. El sector de excedentes de frutas y verduras debe disponer de un sistema de refrigeración que mantenga la calidad de los alimentos, la sala se debe acondicionar a temperaturas de entre +4°C y +10°C,

Teniendo en cuenta los volúmenes de excedentes de frutas y verduras generados semanalmente en los mercados municipales, se propone facilitar a los mercados contenedores de 360 litros. Los contenedores de estas dimensiones permiten el vertido de los excedentes ya sea en el mercado en el que se generan más volúmenes, como en el que menos.

Para garantizar la calidad de las materias primeras, en este caso excedentes de frutas y verduras, se debe acordar con los comerciantes de los mercados municipales un seguido de prácticas que mejoren la separación y el depositado de los excedentes alimentarios. Estas prácticas se centran en garantizar la correcta separación de excedentes alimentarios aptos para el consumo animal, en el nuevo sector de contenedores, de los demás residuos, en la zona de contenedores ya existente en los mercados municipales. La finalidad es evitar la mezcla de alimentos con otros residuos, que no sean alimentos aptos para la elaboración del producto final.

Una vez establecida la correcta gestión de los excedentes de frutas y verduras en los mercados municipales, es necesario idear un sistema de transporte eficiente que permita mantener las características organolépticas y la seguridad alimentaria de las materias primeras. El sistema de transporte tiene la función de a realizar la recogida, ya sea de manera directa o indirecta, de los excedentes de frutas y verduras para poder realizar la elaboración de alimentos para cerdos. Para poder comparar cual es el método más favorable para el proyecto se han valorado diferentes opciones:

Opción 1

El primer sistema de transporte de materias primeras consiste en el uso de un vehículo eléctrico encargado de realizar desplazamientos por todos los mercados municipales de Barcelona, con la finalidad de recoger los excedentes alimentarios de frutas y verduras generados. El camión, o furgoneta, debe disponer de sistema de refrigeración con el objetivo de mantener las materias primeras en una temperatura adecuada para conservar las características de los excedentes alimentarios. Las principales características del vehículo son las siguientes:

- Volumen de carga del vehículo de 2,35m³.
- Equipo de frío de temperaturas entre +4°C y +10°C.
- Carga máxima de 1300 kg aproximadamente.

Un vehículo con estas propiedades permite el transporte diario de los excedentes alimentarios generados en todos los mercados municipales a la industria elaboradora de piensos (ALKE, 2019), situada en los alrededores de Barcelona. El objetivo del transporte es reducir el tiempo entre la recogida y el procesado.

Es necesario optimizar los desplazamientos priorizando el paso por aquellos mercados con más impacto en la generación de excedentes de alimentos. Teniendo en cuenta que se deben recoger los excedentes de frutas y verduras de los mercados que más volúmenes de excedentes generan, se ha realizado el siguiente desplazamiento, que conecta los mercados municipales de la manera más óptima posible. Este está dividido en cinco tramos:

Tabla 17. Sistema de recogida por tramo, mercados, distancia y tiempo de transporte.

Tramo	Mercados	Distancia (km)	Tiempo (minutos)
Tramo 1	Sants – Hostafrancs – Sant Antoni – La Boquería – Santa Caterina – El Ninot	11,2	50
Tramo 2	El Ninot – Concepció – Galvany – Llibertat – Abaceria Central	7,9	37
Tramo 3	Abaceria Central – Estrella – Sagrada Familia – El Clot – Provençals – Felip II	9,2	39
Tramo 4	Felip II – Sant Andreu – La Mercè – El Carmel – Horta – Vall d’Hebrón	10,1	40
Tramo 5	Vall d’Hebrón – La Guineueta – Canyelles – Montserrat – Trinitat	8,6	23
Total		47	189

Para llevar a cabo el transporte eficiente de los excedentes de frutas y verdura a la industria transformadora el trayecto se debe realizar una vez a día al final de la jornada de los mercados municipales, para así recoger las materias primeras generadas durante el día y poder procesarlas en el periodo de tiempo más reducido con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria del producto final.

Este método de transporte, tan solo para realizar la recogida de las materias primeras, tarda un total de 3 horas y 15 minutos. Es por esta razón que, al ser alimentos que son muy pereceros, es necesaria la instalación frigorífica en el vehículo para mantener en correcto estado las materias primeras durante el largo trayecto de recogida.

Mediante este sistema de transporte, se garantiza la recogida de los excedentes de frutas y verduras, que según la estimación realizada alcanza unas 9,51 toneladas por semana.

Opción 2

El segundo método de transporte conlleva la participación explícita de los comerciantes de los mercados municipales de Barcelona. Los productos que se venden en los comercios de frutas y verduras son alimentos perecederos, es por esta cuestión que los comerciantes realizan la reposición del stock de manera diaria. El lugar de compra de dichos bienes es Mercabarna, y dependiendo del día de la semana, se hace más de un desplazamiento al día para ofrecer más productos a los consumidores.

Este sistema de transporte aprovecha los desplazamientos realizados por los comerciantes, para devolver los excedentes alimentarios generados por cada comercio a un mismo punto, en este caso a Mercabarna. Además, como los vehículos de transporte de los comerciantes disponen de sistemas de refrigeración, la calidad y seguridad alimentaria de los excedentes está asegurada.

La metodología del sistema otorga un beneficio económico a los comerciantes que realicen el transporte de los excedentes, por cantidades de alimentos aptos para a valorización. La finalidad del premio económico es motivar a todos los vendedores para que devuelvan dichos alimentos y así facilitar la gestión de los excedentes alimentarios.

El impacto medioambiental añadido del segundo método de transporte es nulo, debido a que los desplazamientos realizados por los comerciantes se hacen igualmente, pero en vez de realizar el viaje para la recogida de productos con el vehículo vacío, se hace transportando los alimentos que ya no se destinaran para el consumo humano.

Los puntos críticos de este sistema de transporte son:

- La falta de participación por parte de los comerciantes provocaría la pérdida de los alimentos que podrían ser valorizados para alimentación porcina y por lo tanto, no se gestionarían de manera adecuada estos excedentes.
- La necesidad de realizar los desplazamientos a Mercabarna, ya que en el caso de que los comerciantes no se vieran en la necesidad de hacer los viajes, los excedentes alimentarios no serían transportados al punto de recepción de los excedentes de frutas y verduras. Como consecuencia provocaría una falta de homogeneidad en los volúmenes de materias primas para la elaboración del pienso.

Una vez expuestas las dos opciones para el transporte de los excedentes alimentarios, se ha optado por la primera opción, ya que asegura la recogida y se garantiza el mantenimiento de las materias primas bajo las condiciones frigoríficas con la finalidad de mantener la calidad de los alimentos.

5.5. Elaboración de alimentación porcina con excedentes alimentarios

Como se ha comentado, el pienso en seco es el formato más utilizado. El único inconveniente es que las materias primas utilizadas (excedentes de frutas y verduras) presentan concentraciones muy elevadas de agua, por lo que el tratamiento térmico, que reduce la humedad, provocará que el rendimiento del proceso de elaboración sea muy bajo.

En el caso de la elaboración de pienso líquido, los inconvenientes son: a) la distribución del producto final debe ser en tanques y solo se puede comercializar a granjas dotadas de instalaciones de subministro líquido y b) la heterogeneidad de nutrientes en el pienso, es decir, algunos animales reciben unas cantidades con más proporción de materia seca mientras que otros reciben un alimento más diluido y, por lo tanto, con menos nutrientes (Lizardo, 2007).

Valorando las diferentes presentaciones en las que se puede encontrar el pienso para alimentación porcina y, teniendo en cuenta la composición nutricional de las frutas y verduras, se ha decidido lo siguiente:

Elaborar un producto harinoso para la elaboración de pienso en seco aprovechando los excedentes de frutas y verdura. Este producto, como se ha demostrado en la literatura, se puede mezclar junto con materias primeras convencionales para la elaboración de piensos para alimentación porcina, con la finalidad de obtener los requisitos nutricionales necesarios para evitar alterar el rendimiento de crecimiento de los animales, las características de las canales y la calidad de la carne (Márquez & Ramos, 2006).

La función de los excedentes de frutas y verduras en la elaboración de pienso para alimentación animal tiene la función de sustituir ciertas cantidades de las materias primas utilizadas. Un estudio concluye que añadiendo el suplemento de excedentes frutas y verduras en los ingredientes del pienso para alimentación porcina, conlleva una reducción del 44% de cebada, 22% de haba de soja y del 58% de carbonato de calcio (Márquez & Ramos, 2006). De esta manera se reduce el coste de producción de pienso y se gestiona de manera más favorable los excedentes alimentarios generados en los mercados municipales de Barcelona.

Información nutricional

La composición nutricional del producto final presenta el inconveniente de ir variando en función a el tipo de alimentos que componen los excedentes alimentarios. Es por eso que para determinar esta información se ha revisado la literatura (García et al., 2005) que indica la información nutricional de las frutas y verduras una vez realizadas las etapas del proceso de elaboración:

- 296 kcal/100 gramos.
- 5% de cenizas.
- 10% de proteínas.
- 5% de grasas.
- 21,5% de fibra cruda.
- 53% de hidratos de carbono disponibles (almidón y azúcares solubles).

Proceso de elaboración

Las etapas del proceso de elaboración deben garantizar la calidad y seguridad del producto harinoso, por esta razón, se han revisado varios artículos sobre el procesado de excedentes de frutas y verduras y, (Ferreira et al., 2013), propone la siguiente metodología:

1.1. Recepción de materias primas

Una vez se reciben los contenedores con las materias primas se debe hacer un pesado de cada contenedor para así saber las cantidades exactas de excedentes alimentarios que se han generado en cada mercado municipal, y de esta manera mantener un registro diario de los volúmenes de materias primas.

En la recepción se depositan los excedentes de frutas y verduras en una cadena horizontal para realizar una inspección visual con la finalidad de separar aquellos alimentos mohosos y en estado de descomposición. Los objetos extraños, los impropios y los materiales de embalaje que no fueron separados por los comerciantes, deben ser retirados durante la cadena de inspección.

1.2. Limpieza húmeda

Una vez realizada la recepción de las materias primas y la inspección visual, se procede a hacer una limpieza húmeda. Consiste en sumergir en un baño de agua las materias primas para así retirar la suciedad y conseguir una limpieza superficial adecuada.

1.3. Desinfección y limpieza

La desinfección de las frutas y verduras se hace mediante una mezcla de agua e hipoclorito sódico (NaClO) con una concentración de 200ppm. El baño desinfectante se realiza durante 30 minutos, ya que durante este tiempo el hipoclorito sódico actúa sobre las frutas y verduras consiguiendo su correcta desinfección.

Una vez realizada la desinfección de las frutas y verduras es necesario eliminar los restos de desinfectante mediante una última limpieza con agua.

1.4. Centrifugación

El siguiente proceso de centrifugación sirve para hacer una primera separación de la fracción líquida de la sólida. En esta etapa se obtienen dos productos, uno líquido y el otro sólido, este último se utilizará para elaborar el producto harinoso.

1.5. Primer secado

Una vez realizada la centrifugación de las frutas y verduras, queda un producto sólido que se coloca en una tolva de secado en la que se procede a hacer un primer tratamiento térmico a 65°C durante 6 horas en un horno de secado para acondicionar el producto sólido para las posteriores etapas e ir reduciendo la humedad.

1.6. Primer molido

La posterior etapa consiste en un primer molido durante 5 minutos, y se realiza para reducir el tamaño de las partículas y para facilitar la extracción de humedad restante en la posterior etapa de secado.

1.7. Segundo secado

Para asegurar la inocuidad del producto final y la reducción adecuada de la humedad, se realiza una última etapa de secado a 90°C durante 1 hora.

La combinación de las dos etapas de secado hace que los alimentos alcancen los 65°C inactivando los posibles microorganismos patógenos y los demás peligros químicos que puedan presentan las materias primas. Además, con este tratamiento se consigue reducir la humedad de los alimentos a un 12% para así alargar la vida útil.

1.8. Segundo molido

Finalmente, se realiza un último molido de los alimentos durante 1 minuto para asegurar la homogeneidad del producto harinoso.

1.9. Envasado

En el momento que se realiza la etapa de envasado, se pasa el producto harinoso por un detector de metales, para asegurar la ausencia de partículas metálicas. El envasado se realiza automáticamente, en la que el producto se deposita en embalajes tipo “big bags” para mantener el producto harinoso en unas condiciones asépticas para el almacenaje y posterior distribución.

1.10. Almacenaje y distribución de producto terminado

Durante el tiempo de almacenaje, es necesario mantener el producto envasado siguiendo unas condiciones de temperatura, humedad y ventilación para conservar en buen estado el producto

final. Los sacos se tienen que encontrar en un espacio cerrado para evitar la contaminación cruzada con diversos factores externos.

La distribución del producto final se realiza a clientes encargados de elaborar pienso para alimentación porcina de engorde para que utilicen el producto harinoso como ingrediente para la elaboración del pienso.

Tipo de envasado

El envasado del producto final se hace con sacos “big bag”, que es un embalaje flexible con forma de bolsa grande fabricado con un tejido formado por hilos de polipropileno. Este sistema de embalaje soporta pesos de hasta 2 toneladas, permite ahorrar espacio en la etapa de almacenamiento y además es reutilizable.

Etiquetado

El etiquetado del producto final se realiza siguiendo la normativa vigente sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas del Reglamento (CE) nº 1272/2008⁹ del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008. Además, debe seguir el Reglamento (CE) nº 1907/2006¹⁰ del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre del 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y a restricción de la sustancias y preparados químicos.

⁹ Fuente: <https://www.boe.es/doue/2008/353/L00001-01355.pdf>

¹⁰ Fuente: <https://www.boe.es/doue/2006/396/L00001-00852.pdf>

Diagrama de flujo

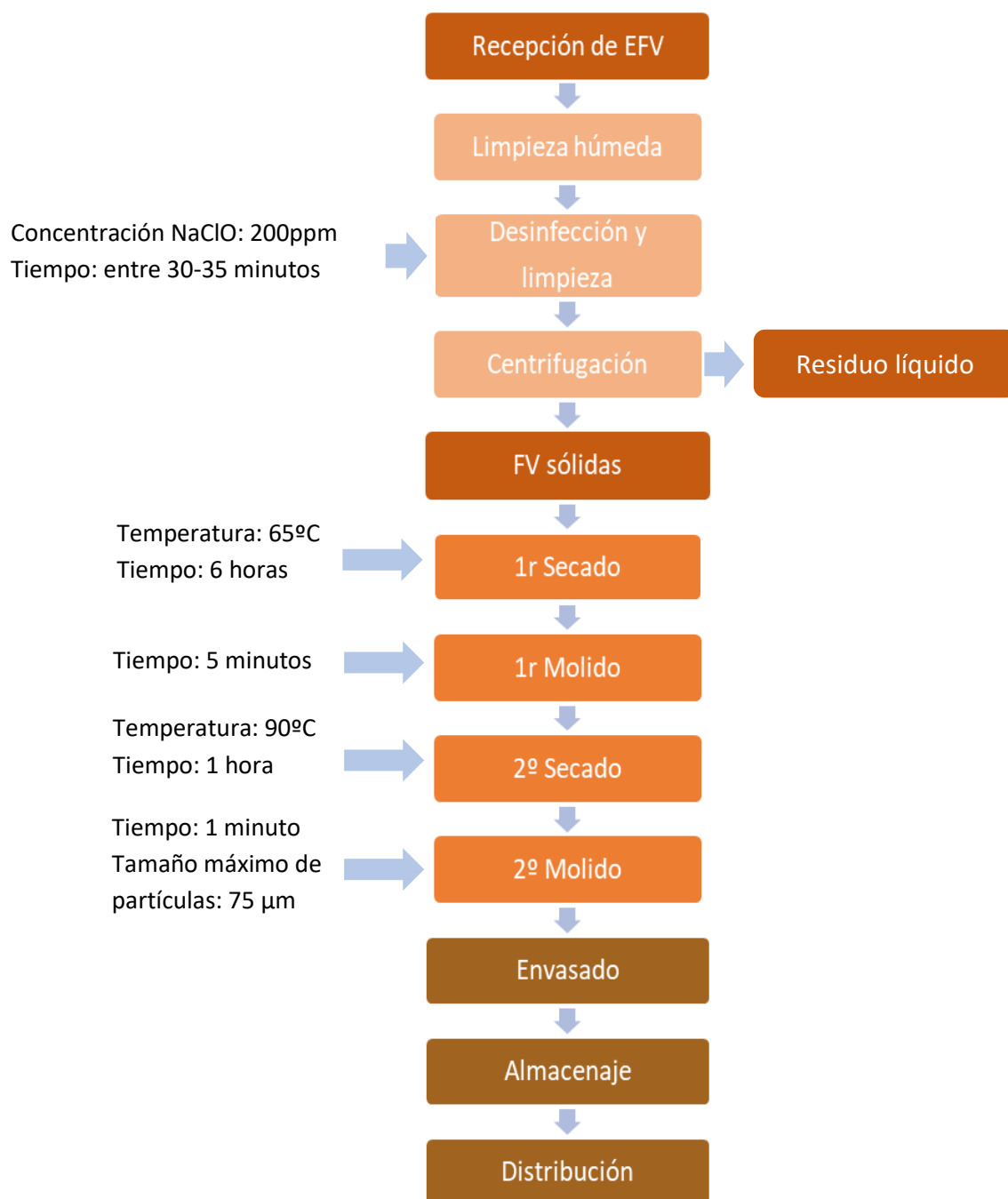


Ilustración 9. Diagrama de flujo de harina a partir de Excedentes de Frutas y Verduras (EFV). Fuente: Elaboración propia.

Una vez se han realizado todas las etapas del proceso de elaboración, el producto harinoso presenta una humedad restante del 12%. La humedad de las frutas y verduras frescas es entre 85-90%, por esta razón, se supone que la humedad fresca media de las materias primas recibidas es del 88%. Con la siguiente fórmula se determina que el rendimiento del proceso es de:

$$\text{Rendimiento teórico (R)} = \frac{100 - H_f}{100 - H_r} = \frac{100 - 88}{100 - 12} = 13,6 \%$$

Siendo:

- Humedad restante (Hr): humedad del producto harinoso una vez realizadas las dos etapas de secado, 12%.
- Humedad fresca (Hf): humedad media de las materias primas (frutas y verduras), 88%.

Una vez obtenido el rendimiento teórico del proceso, se procede a calcular el peso seco de los excedentes de frutas y verduras una vez realizadas las etapas de secado. Según el sistema de transporte ideado en las anteriores etapas, se recogen un total de 9,51 t de excedentes de frutas y verduras frescas en los mercados municipales durante una semana. Con la siguiente fórmula, se obtiene que el peso seco de la harina de fruta y verdura es de 1,6 toneladas semanales:

$$\text{Peso seco (Ps)} = R * P_f = \frac{13,6}{100} * 9,51 = 1,29 \text{ t semanales de harina de frutas y verduras}$$

Siendo:

- Peso seco (Ps): cantidades semanales de producto harinoso obtenido a partir de excedentes de frutas y verduras.
- Peso fresco (Pf): cantidades de excedentes de frutas y verduras generadas semanalmente en los mercados municipales, 9,51 toneladas.
- Rendimiento teórico (R): rendimiento del proceso de elaboración del producto harinoso.

5.6. Viabilidad del proyecto

Para elaborar 1 kg de pienso para alimentación porcina, se utilizan 120 gramos de harina (12%) de frutas y verduras (Márquez & Ramos, 2006). Un cerdo de engorde consume diariamente entre 1,5 – 2 kg de pienso (FEDNA, 2013), en una semana supone un total de 14 kg de pienso consumidos por un cerdo. Con estos datos se concluye que la cantidad de harina necesaria para alimentar a un cerdo durante una semana es de 1,68 kg de harina de EFV.

$$\frac{14 \text{ kg pienso}}{1 \text{ cerdo}} * \frac{0,12 \text{ kg de harina}}{1 \text{ kg de pienso}} = \frac{1,68 \text{ kg de harina}}{1 \text{ cerdo}}$$

Como se ha calculado en el apartado anterior, se obtienen 1,29 t de harina y, teniendo en cuenta que por cada cerdo se necesitan 1,68 kg de harina, se calcula que se podrían alimentar 768 cerdos, tal y como indica la siguiente fórmula:

$$\frac{1.290 \text{ kg de harina}}{1 \text{ semana}} * \frac{1 \text{ cerdo}}{1,68 \text{ kg de harina}} = \frac{768 \text{ cerdos}}{1 \text{ semana}}$$

Suponiendo unos volúmenes constantes de harina de frutas y verduras, de manera anual se podrían llegar a alimentar un total de 36.857 cerdos de engorde.

En la provincia de Barcelona, se registraron un total de 569.562 cerdos a principios del año 2019 (DARP, 2019). La combinación de harina y materias primas convencionales podría alimentar a aproximadamente el 7% de la población porcina de engorde en Barcelona.

El uso del producto harinoso supone la reducción de materias primas convencionales, ya que, para alimentar a 768 cerdos en una semana, se necesitan un total de 10.752 kg semanales de pienso:

$$\frac{768 \text{ cerdos}}{1 \text{ semana}} * \frac{14 \text{ kg de pienso semanales}}{1 \text{ cerdo}} = \frac{10.752 \text{ kg de pienso}}{1 \text{ semana}}$$

La elaboración de estas cantidades de pienso con harina de frutas y verduras supondría el ahorro de las siguientes materias primas convencionales (Tabla 18).

Tabla 18. Ahorro de materias primas convencionales que comporta el uso de harina de excedentes de frutas y verduras.

Materia prima	Ahorro por kg de pienso (g)	Ahorro utilizando 1,6t de harina (kg)
Cebada	168,4	1.810,65
Haba de soja	44	473,1
Carbonato de calcio	4,4	43

Para determinar la viabilidad medioambiental, económica y energética de la valorización de excedentes de frutas y verduras para la elaboración de un producto harinoso, es necesario comparar este sistema con los métodos de elaboración de pienso con materias primas convencionales, para así determinar la bondad de la valorización. Previos estudios afirman los siguientes puntos:

- La valorización de excedentes de frutas y verduras para alimentación porcina reduciría el negativo impacto medioambiental que supondría tener que producir materias primas convencionales para la elaboración de pienso. Además, las tierras de conreo que no se

utilizaran para producir materias primas para alimentación animal se podrían destinar para conrear alimentos para humanos (Salemdeeb et al., 2017).

- La elaboración de un producto harinoso y posterior combinación de materias primas convencionales supondría un sistema viable a nivel económico con una inversión económica inicial. No obstante, la variación de nutrientes de los excedentes alimentarios dificulta la formulación de un producto harinoso con un valor nutricional determinado, y como consecuencia la entrada de este producto en el mercado (Cnockaert, 2016).
- Debido a la variación de tipos de frutas y verduras utilizadas como materias primas y, como consecuencia, la variación de los nutrientes del producto harinoso, no se puede obtener un resultado claro sobre la digestibilidad de los cerdos alimentados con pienso elaborado con el producto harinoso y materias primas convencionales. No obstante, estudios concluyen que los cerdos alimentados con piensos elaborados con la combinación de excedentes alimentarios y materias primas convencionales presentan una canal y una calidad de la carne similar a aquellos cerdos alimentados con piensos convencionales (Márquez & Ramos, 2006).
- El proceso de secado de excedentes de frutas y verduras supone un elevado coste de energía, de gas natural y de electricidad. En cambio, en el proceso de elaboración de pienso con materias primas convencionales no se realiza la etapa de secado y, por lo tanto, no supone un coste energético tan elevado (Salemdeeb et al., 2017).

5.7. Principios del APPCC

1. Análisis e identificación de peligros

Tabla 19. Listado de peligros en las etapas del proceso de elaboración y las medidas preventivas.

Estudio de los peligros			Medidas preventivas
Etapas del proceso	Tipo de peligro	Peligro	
Recepción de materias primas	Biológico	Presencia de microorganismos patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de formación del personal. - Análisis visual durante recepción de materias primas. - Plan de correcta gestión de los excedentes por parte de los mercados.
	Químico	Alimentos en descomposición	
	Físico	Presencia de cuerpos extraños (vidrio, plástico, cartón)	

Limpieza húmeda	Biológico	Presencia de microorganismos patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de formación del personal. - Plan de mantenimiento de los equipos. - Plan de limpieza y desinfección. - Uso de agua potable para la limpieza húmeda de las frutas y verduras.
	Químico	Presencia de toxinas y metales pesados	
	Físico	Incorporación de partículas metálicas e impurezas	
Desinfección y limpieza	Biológico	Presencia de microorganismos patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de formación del personal. - Plan de mantenimiento de los equipos. - Plan de limpieza y desinfección. - Uso de NaClO en concentración de 200ppm y tiempo de la etapa no inferior a 30 minutos.
	Químico	Presencia de toxinas y metales pesados	
	Físico	Incorporación de partículas metálicas e impurezas	
Centrifugación	Físico	Incorporación de partículas metálicas e impurezas	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de mantenimiento de los equipos. - Plan de limpieza y desinfección.
1r secado	Biológico	Presencia de microorganismos patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de formación del personal - Controlar la temperatura y el tiempo de la etapa - Mantener registro de la temperatura y del tiempo de la etapa
1r molido	Físico	Incorporación de partículas metálicas e impurezas	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de mantenimiento de los equipos. - Plan de limpieza y desinfección.
2º secado	Biológico	Presencia de microorganismos patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de formación del personal - Controlar la temperatura y el tiempo de la etapa - Mantener registro de la temperatura y del tiempo de la etapa
2º molido	Físico	Incorporación de partículas metálicas e impurezas	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de mantenimiento de los equipos. - Plan de limpieza y desinfección.
Envasado	Físico	Presencia de partículas metálicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de limpieza y desinfección. - Incorporación de detector de metales
Almacenaje y distribución	Físico	Presencia de insectos y roedores en el almacén	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de control de plagas - Plan de formación de personal

2. Determinar los puntos de control críticos (PCC)

A partir del árbol de decisiones (ver Anejo 2), se han determinado las etapas que son puntos críticos de control. En la siguiente tabla se muestra la identificación de los PCC una vez aplicadas las preguntas del árbol de decisiones (Tabla 20).

Tabla 20. Puntos críticos de control del proceso de elaboración.

Etapas	Principio 2					Punto crítico de control
	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	
Recepción de materias primas	No	Sí	-	No	Sí	No PCC
Limpieza húmeda	Sí	-	-	-	Sí	PC
Desinfección y limpieza	Sí	-	-	-	No	PCC
Centrifugación	No	No	Sí	No	Sí	No PCC
1r Secado	Sí	-	-	-	No	PCC
1r Molido	No	No	Sí	No	Sí	No PCC
2º Secado	Sí	-	-	-	No	PCC
2º Molido	No	No	Sí	No	Sí	No PCC
Envasado	Sí	-	-	-	No	PCC
Almacenaje y distribución	Sí	No	-	-	-	No PCC

3. Establecer límites críticos y un sistema de vigilancia

Seguidamente para cada peligro se establecen los límites críticos que permiten evitar la presencia de los peligros de cada etapa. Además, para garantizar el cumplimiento de los límites críticos se determina el sistema de vigilancia para cada peligro.

Tabla 21. Límites críticos y sistemas de vigilancia de los puntos críticos de control.

Etapa: Desinfección y limpieza		Vigilancia				
		Procedimiento			Frecuencia	Responsable
Peligro	Límite crítico	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?		
Presencia de microorganismos patógenos, toxinas y metales pesados	1. La concentración de desinfectante en el baño de agua debe ser de 200ppm. 2. El tiempo de desinfección debe ser de 30 minutos	La concentración del baño de agua y el tiempo de la etapa.	Realizar un análisis de la concentración del baño de agua. Realizar un registro del tiempo de la etapa con un temporizador.	En la zona donde se lleva a cabo la etapa de desinfección	Cada vez que se haga pasar un lote de materias primas por la etapa de desinfección.	El responsable de calidad

Etapa: 1r Secado		Vigilancia				
		Procedimiento			Frecuencia	Responsable
Peligro	Límite crítico	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?		
Presencia de microorganismos patógenos	La etapa de secado se debe realizar durante por lo menos 6 horas a una temperatura de 65°C	La temperatura de la máquina de secado durante la etapa de secado	Medir y mantener un registro de la temperatura y del tiempo de la etapa de secado	En la máquina encargada de realizar el secado	Cada hora.	El responsable de calidad

Etapa: 2º Secado		Vigilancia				
		Procedimiento			Frecuencia	Responsable
Peligro	Límite crítico	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?		
Humedad del producto superior al 12%	La etapa de secado se debe realizar durante por lo menos 1 hora a una temperatura de 90°C	La temperatura de la máquina de secado durante la etapa de secado	Medir y mantener un registro de la temperatura y del tiempo de la etapa de secado	En la máquina encargada de realizar el secado	Cada 30 minutos.	El responsable de calidad

Etapa: Envasado		Vigilancia				
		Procedimiento			Frecuencia	Responsable
Peligro	Límite crítico	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?		
Presencia de partículas metálicas	El límite crítico es aquel en el que el detector de metales detecte la presencia de partículas metálicas	El correcto funcionamiento del detector de metales	Pasando un patrón metálico por el detector de metales	En el detector de metales	Cada 30 minutos	Operario de envasado

4. Establecer acciones correctoras

Las acciones correctoras se llevan a cabo en el caso de que el sistema de vigilancia no ha respetado los límites críticos establecidos.

Tabla 22. Acciones correctivas de los peligros.

Etapa	Peligro	Acción correctiva
Desinfección y limpieza húmeda	Presencia de microorganismos patógenos, toxinas y metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> - El operario de la etapa de granulado debe ajustar el diámetro establecido en la máquina de granulado - El operario de la etapa de granulado se encarga de repasar el producto, con partículas de tamaño superior a 3 milímetros, por la máquina de granulado.
1r Secado	Presencia de microorganismos patógenos	<ul style="list-style-type: none"> - El operario de la etapa de segundo secado debe ajustar la temperatura a 65°C de la máquina de secado y asegurarse que se realiza la etapa durante el tiempo establecido. - Aquellos lotes que, una vez realizadas las dos etapas de secado, en el control de calidad haya presencia de microorganismos patógenos serán retirados y eliminados.
2º Secado	Humedad del producto superior al 12%	<ul style="list-style-type: none"> - El operario de la etapa de segundo secado debe ajustar la temperatura a 90°C de la máquina de secado y asegurarse que se realiza la etapa durante el tiempo establecido. - Los lotes que presenten una humedad superior al 12% volverán a pasar por la etapa de secado hasta alcanzar valores inferiores a los establecidos.
Envasado	Presencia de partículas metálicas	<ul style="list-style-type: none"> - En el momento que el detector de metales identifique la presencia de partículas metálicas en el producto harinoso, estas cantidades serán eliminadas y no se podrán disponer a la venta.

5.8. Barreras administrativas, legales y logísticas

Implementar el sistema de gestión y valorización de excedentes de frutas y verduras para la elaboración de harina supone un número de barreras logísticas, administrativas y legales:

Tabla 23. Barreras administrativas, legales y logísticas del proyecto.

Barrera	Tipo de barrera	Potencial solución
Falta de prácticas de higiene por parte de los comerciantes.	Administrativa	Implantar un sistema de buenas prácticas sobre los excedentes de frutas y verduras en los mercados municipales
Los volúmenes de excedentes de frutas y verduras generados son aproximados, ya sea en el mercado de Sant Antoni o en todos los mercados municipales de Barcelona.	Administrativa	Realizar un sistema de cuantificación en cada mercado para calcular los excedentes de frutas y verduras generados semanalmente.
Los mercados no disponen de sectores refrigerados para vertido de los excedentes de frutas y verduras.	Logística	Adaptar, en los mercados, una sala con sistema de refrigeración y contenedores dedicados a los excedentes aptos para una posterior valorización.
Coste energético elevado de proceso de elaboración de harina.	Logística	Realizar estudio con posibles mejoras en la eficiencia energética del proceso de elaboración.
En la elaboración de harina, se genera un líquido que no se aprovecha.	Logística	Realizar un estudio con los valores nutricionales del líquido formado, y las posibles utilidades.
Variación constante de excedentes de frutas y verduras en volumen y en composición dependiendo de la época del año, el día de la semana y el mercado.	Logística	Estudiar las posibles combinaciones de excedentes de frutas y verduras para alcanzar los requisitos nutricionales necesarios.
Falta de sistema de trazabilidad y etiquetado de los excedentes de frutas y verduras y del producto final.	Legal	Implementar un sistema de trazabilidad con el que se pueda localizar un lote de excedentes de frutas y verduras o de harina para alimentación porcina.
Los mercados que destinen los excedentes de frutas y verduras para la elaboración de harina deberán solicitar un registro para esta nueva actividad.	Legal	Contactar con una autoridad competente, encargada de la gestión del RGSEAA (Registro General Sanitario de Empresas Alimentarias y Alimentos), indicando el destino de excedentes de frutas y verduras para la alimentación animal.

6. Limitaciones de la cuantificación y extrapolación

Una vez obtenidos los resultados, es necesario destacar varias limitaciones y aspectos que se han asumido con la finalidad de obtener una estimación de las cantidades de excedentes de frutas y verduras generadas en todos los mercados municipales de Barcelona:

- Se asume que las cantidades de excedentes de frutas y verduras es la misma durante todas las semanas del año, sin tener en cuenta la variación de excedentes de frutas y verduras generados durante las diferentes estaciones del año. Para incrementar la fiabilidad de esta estimación sería necesario realizar una cuantificación en el mercado de Sant Antoni en las diferentes estaciones, para así comprobar si existe una diferencia de volúmenes generados en verano, otoño, invierno, y primavera.
- El tamaño muestral tiene un error del 25% (nivel de confianza del 95%)¹¹. Se han muestreado 14 comercios (en Sant Antoni) de un total de 289 comercios dedicados a fruta y verdura en los mercados municipales de Barcelona.
- El método de extrapolación se ha realizado asumiendo que las paradas de todos los mercados generan las mismas cantidades de excedentes alimentarios. Esto es debido a que durante las visitas a los mercados, se habló con comerciantes preguntando la frecuencia con la que vertían los excedentes de frutas y verduras en el sector logístico y las respuestas no diferían en exceso (entre cuatro y cinco veces al día), ya fuese en los mercados con más comercios o en los mercados con menos.

¹¹ Calculado a partir de: <http://www.adimen.es/calculadora-muestras.aspx>

7. Conclusiones

El trabajo final de grado contribuye en **promover la reducción del desperdicio alimentario en la ciudad de Barcelona**, al mismo tiempo que se pretende desarrollar un nuevo producto destinado a alimentación animal, con el que se da una mejor valorización a los alimentos que acabarían siendo residuos orgánicos utilizados para fines menos sostenibles.

Como resultado del proyecto de investigación, se concluye que el desperdicio alimentario en los mercados municipales de Barcelona es un fenómeno presente y sobre el cual se debe actuar para promover un sistema de flujo circular del sector. En resumen, las cantidades de excedentes de frutas y verduras generadas en el sector son suficientemente elevadas para implementar un sistema de valorización. Sin embargo, la correcta gestión de excedentes supondría una ampliación de los sectores logísticos en los mercados municipales, que conllevaría una inversión económica elevada. Además, sería necesario un posterior estudio del transporte de excedentes con la finalidad de determinar la viabilidad de implementar el sistema propuesto.

Con las cantidades estimadas de excedentes de frutas y verduras se podrían elaborar 1,29 toneladas semanales de producto harinoso. La combinación de los volúmenes de producto harinoso con otras materias primas permitiría alimentar un total de 36.857 cerdos anuales, aproximadamente el 7% de la población porcina de engorde en la provincia de Barcelona. Además, la sustitución de materias primas convencionales por el producto harinoso supondría la reducción de las tierras de conreo utilizadas para producir dichas materias primas convencionales. De esta manera, las tierras de conreo ahorradas se podrían destinar a producir alimentos para alimentación humana.

En relación con las cantidades de producto harinoso, estas se verían incrementadas valorizando los excedentes de frutas y verduras generados en supermercados, restaurantes y distribuidores al por mayor, como por ejemplo, Mercabarna.

Por otro lado, se concluye que el sistema de valorización de excedentes de frutas y verduras supone un beneficio medioambiental, en comparación a la actual gestión de residuos en Barcelona. No obstante, el proceso de secado genera un elevado coste energético y conlleva una carga medioambiental, que podría reducir dichos beneficios. Un posterior estudio de la viabilidad económica y energética del proceso podría concluir la eficiencia del sistema de valorización.

En cuanto a la seguridad del producto harinoso, es necesario controlar las siguientes etapas del proceso de elaboración: la etapa de limpieza y desinfección de los excedentes de frutas y verduras, las dos etapas de secado y el envasado.

Finalmente, aunque, en la actualidad la gestión de residuos en la ciudad de Barcelona no se puede sustituir inmediatamente, se concluye que es necesario implementar y desarrollar el potencial de nuevos sistemas de valorización de excedentes alimentarios ya sea para alimentación humana o animal.

8. Bibliografía

- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. En *WORLD AGRICULTURE*. Recuperado de www.fao.org/economic/esa
- ALKE. (2019). *Technical specifications ALKE refrigerated van box*. Recuperado de www.alke.com
- ARC, & UAB. (2011). *Un consum més responsable dels aliments*. Recuperado de [http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/LAgencia/Publicacions/Centre catala del reciclatge \(CCR\)/guia_consum_responsablebr.20.11.12.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/LAgencia/Publicacions/Centre catala del reciclatge (CCR)/guia_consum_responsablebr.20.11.12.pdf)
- Arroyo, P., Leire, U., Bergera, M., Rodríguez, P., Teresa, A., Gaspar, V., ... Moreiras, G. V. (2018). *Informe de estado de situación sobre "frutas y hortalizas: nutrición y salud en la España del S.XXI*.
- Bonilla Ocampo, D. A. (2016). Gamas de Alimentos - DBSS. Recuperado 8 de enero de 2020, de <https://g-se.com/gamas-de-alimentos-bp-Q57cfb26e83d90>
- CE. *Reglament (CE) N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano.* , (2009).
- Cerantola, N., & Ortiz, M. T. (2018). *La economía circular en el sector agroalimentario*.
- Cnockaert, S. (2016). *The cost competitiveness and environmental outcomes of recycling food residuals into pig feed in Spain: A mathematical programming approach*.
- Comision Europea. (2015). *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. (84), 24.
- DARP. (2019). *Efectius de bestiar porcí. Maig 2019*. Catalunya.
- Díaz Ruiz, R., & López Gelats, F. (2017). Anàlisi de les causes del malbaratament alimentari. Estudi a l'àrea metropolitana de Barcelona. *Quaderns Agraris (Institució Catalana d'Estudis Agraris)*.
- EFFPA. (2020). What are former foodstuffs? | EFFPA. Recuperado 28 de noviembre de 2019, de <https://www.effpa.eu/what-are-former-foodstuffs/>
- FAO. (2003). Elaboración de un plan de APPCC. Recuperado 8 de enero de 2020, de <http://www.fao.org/3/Y1390S/y1390s0a.htm>
- FAO. (2018). *Género y pérdida de alimentos en cadenas de valor alimentarias sostenibles - Guía de orientación*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8620ES/i8620es.pdf>
- FEDNA. (2013). *NECESIDADES NUTRICIONALES PARA GANADO PORCINO NORMAS FEDNA*. Recuperado de http://fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas PORCINO_2013rev2.pdf
- Ferreira, M. S. L., Santos, M. C. P., Moro, T. M. A., Basto, G. J., Andrade, R. M. S., & Gonçalves, É. C. B. A. (2013). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 822-830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>
- García, A. J., Esteban, M. B., Márquez, M. C., & Ramos, P. (2005). Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. *Waste Management*, 25(8), 780-787. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.01.006>

- Institut de Mercats de Barcelona. (2014). *Pla estratègic de Mercats de Barcelona*.
- Japan Food Ecology Center. (2020). *Activities of the JAPAN FOOD ECOLOGY CENTER*.
- Lizardo, R. (2007). *La alimentación líquida del ganado porcino es un sistema alternativo al alimento en seco*.
- Luyckx, K. (2019). *Supplementary materials to the REFRESH Technical Guidelines on Animal Feed by Luyckx et al. (2019)*. 1-46.
- Luyckx, K., Bowman, M., Woroneicka, K., Taillard, D., & Broeze, J. (2019). *D6.7 Technical Guidelines Animal Feed: The safety, environmental and economic aspects of feeding surplus food to omnivorous livestock*. (641933).
- Márquez, M. C., & Ramos, P. (2006). *Effect of the inclusion of food waste in pig diets on growth performance, carcass and meat quality*. <https://doi.org/10.1017/S1751731107685000>
- Noya, I., Aldea, X., Gasol, C. M., González-García, S., Amores, M. J., Colón, J., ... Boschmonart-Rives, J. (2016). Carbon and water footprint of pork supply chain in Catalonia: From feed to final products. *Journal of Environmental Management*, 171, 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.039>
- PRECAT20. (2013). *Programa General de Prevenció i Gestió de Residus i Recursos de Catalunya 2013-2020*.
- PROCOM, & Institut Cerdà. (2009). *Impacte econòmic directe de la xarxa de Mercats Municipals de Barcelona*.
- PROMIC. (2019). Promic Group, Gestor de subproductes alimentaris, Alimentació animal, Matèria primera alimentació animal, Excedents alimentaris. Recuperado 16 de diciembre de 2019, de <http://www.promic.es/Inici>
- Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española (22ª edición). Recuperado 26 de enero de 2020, de <https://dej.rae.es/lema/excedente-alimentario>
- Refresh. (2018). *Expert panel on the risk management of using treated surplus food in pig feed*. (641933). Recuperado de <https://eu-refresh.org/eu-panel-experts-concludes-feeding-treated-surplus-food-pigs-viable-provided-certain-safety-0>
- Refresh. (2020). Animal Feed Tool - REFRESH: Community of Experts. Recuperado 2 de enero de 2020, de <http://www.refreshcoe.eu/animal-feed-tool/>
- Rezero. (2019). *Catalunya cap al Residu Zero*. Recuperado de www.rezero.cat
- Salemdeeb, R., zu Ermgassen, E. K. H. J., Kim, M. H., Balmford, A., & Al-Tabbaa, A. (2017). Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options. *Journal of Cleaner Production*, 140, 871-880. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.049>
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., & Moates, G. (2016). *Estimates of European food waste levels*. Recuperado de [http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates of European food waste levels.pdf](http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf)
- Sugiura, K., Yamatani, S., Watahara, M., & Onodera, T. (2009). Ecofeed, animal feed produced from recycled food waste. *Veterinaria italiana*, 45(3), 397-404. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20391403>
- UE. (2006). *DIRECTIVE 2002/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed*.

- UE. (2013). *RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 3 de diciembre de 2013 relativa a la reducción de los niveles de dioxinas, furanos y PCB en los piensos y los productos alimenticios*.
- zu Ermgassen, E. K. H. J., Phalan, B., Green, R. E., & Balmford, A. (2016). Reducing the land use of EU pork production: Where there's swill, there's a way. *Food Policy*, 58, 35-48.
<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.001>

Anejo 1: Hoja de registro utilizada en la cuantificación en el mercado de Sant Antoni

Fecha	Hora	Nombre de la parada	Formato del recipiente	Peso de los residuos (kg)	Categoría de los residuos (verdura, fruta, legumbres...)	Estado de los residuos 1 (buen estado) al 3 (mal estado)	Foto

Anejo 2: Árbol de decisiones para APPCC

